ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

P. STASSEN : Irlande, pays minier. — Journée des Carriers organisée par l'INIEX à Liège, le 10 décembre 1974. - Dag van de groeve-ontginners georganiseerd door het NIEB te Luik, op 10 december 1974 : Exposés de - verslagen door : J. BRYCH, P. DUMONT, C. MICHAUX. — INIEX : Revue de la littérature technique.

FEVRIER 1975 Mensuel — N° 2 — Maandelijks **FEBRUARI 1975**

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

FEVRIER 1975 — Mensuel — N° 2 — Maandelijks — FEBRUARI 1975



ANNALES DES MINES
DE BELGIQUE

n° 2 — février 1975

ANNALEN DER MIJNEN
VAN BELGIE

nr. 2 — februari 1975

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (041) 52 71 50

Sommaire - Inhoud

(*) De Nederlandse tekst zal in het nummer van mei 1975 verschijnen.

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

1050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 640 10 40

Dépôt légal : D/1975/0168

Wettelijk Depot : D/1975/0168

Irlande - Pays minier

Pierre STASSEN *

SOMMAIRE

---

* Directeur à l'Institut National des Industries Extractives. Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège, rue du Chéra - B–4000 Liège

0. INTRODUCTION

Dans la première moitié du 19e siècle, l'Irlande était un pays producteur de cuivre, de fer (sous forme de pyrite), de plomb, de zinc et de baryte.

Mais au cours de la deuxième moitié de ce 19e siècle, la plupart des mines ont été fermées suite à l'épuisement progressif des gisements. Les gisements métalliques exploités à cette époque étaient principalement situés dans le Silurien, l'Ordovicien, le Dévonien, c'est-à-dire dans les régions plus montagneuses de l'Irlande où ces formations rocheuses affleuraient.

Le centre du pays, recouvert de dépôts glaciaires, n'avait fait l'objet d'aucune exploitation. Ces dépôts de 10 à 20 m d'épaisseur cachent un substratum rocheux constitué principalement de calcaire carbonifère. Ce calcaire érodé et pénéplané occupe une surface de plus de 25.000 km^2, constituée pour les deux tiers par du Tournaisien et pour le tiers restant par du Viséen.

Cet énorme territoire, couvert de pâturages et de tourbières, ne laisse apparaître qu'un nombre extrêmement réduit de pointements rocheux, mais la faible épaisseur des dépôts glaciaires n'est plus un obstacle aux procédés modernes de prospection.

Plusieurs sociétés entreprenantes ont effectué des campagnes systématiques de prospection et ont mis en évidence l'existence de nouveaux gisements très importants de plomb, de cuivre, de zinc et d'argent. De nouvelles mines ont été ouvertes au cours de la dernière décennie à l'emplacement des gîtes les plus favorables et actuellement la production minière est devenue un secteur très actif de l'économie de la République d'Irlande.

Au cours de l'année 1972 par exemple, la valeur des concentrés métalliques exportés a atteint près de 2 milliards de francs belges, alors qu'elle n'était encore voisine que de 2 millions de francs belges en 1965. Ces chiffres mettent bien en évidence l'essor extrêmement rapide de l'industrie minière dans ce pays au cours des dernières années.

Mais, si les dépôts de minerais situés sous le sol d'Irlande semblent à l'avenir devoir contribuer largement au bien-être et à l'économie du pays, il se pourrait également que le pétrole et le gaz constituent une autre source importante de revenus. Les sondages effectués dans les mers bordant les rivages au sud et à l'est de l'Irlande ont mis en évidence l'existence d'indices prometteurs et les sociétés intéressées espèrent trouver des gisements commercialement exploitables.

En 1974, le voyage de fin d'études des elèves des sections Mines et Géologie de l'Université de Liège a été organisé dans la République d'Irlande par M. Paul BARTHOLOME, Professeur de Géologie appliquée à notre Université.

Au cours de ce voyage, nous avons eu l'occasion de visiter un certain nombre d'exploitations minières dans le pays et de nous familiariser avec les grands traits de la géologie de cette région (Fig. 1).



Fig. 1.
Carte d'Irlande montrant l'emplacement des mines visitées.

L'objet de cette note n'est pas de donner une vue complète de toutes les ressources minières du pays qui sont abondantes, mais de donner plus spécialement un aperçu des techniques et des méthodes d'exploitation adoptées dans les mines que nous avons visitées et dont les noms sont :

Tynagh Mines :
à Tynagh, dans le comté de Galway (plomb, zinc, cuivre, argent), propriété de la "Northgate Exploration", Canada, et exploitée par la "Irish Base Metals Ltd".

Silvermines :
à Nenagh, dans le comté de Tipperary (plomb, zinc), propriété de "International Mogul Mines Canada Silvermines Ltd" et exploitée par "Mogul of Ireland".

Gortdrum Mines :
à Tipperary (cuivre, argent, mercure), propriété de "Northgate Exploration Ltd" et exploitée par "Gortdrum Mines Ltd".

Avoca Mines :
comté de Wicklow (cuivre, baryte), propriété de "Avoca Mines Ltd Canada", et exploitée par "Avoca Mines Ltd".

Tara Mines :

Navan, comté de Meath (plomb, zinc, cuivre), propriété de "Tara Exploration and Development Ltd", Canada. Les travaux préparatoires sont en cours.

Kingscourt Mines :

(Drumsgoat) Kingscourt, comté de Cavan (gypse), propriété de "BPB Industries", Grande-Bretagne, exploitée par "Gypsum Industries Ltd".

Bord Na Mona :

Rochfortbridge, comté de Westmeath (tourbe), propriété et exploitée par "Irish Peat Development Authority".

1. TYNAGH MINES

11. Introduction

La mine Tynagh est exploitée par la Société "Irish Base Metals Ltd", filiale de la Société "Northgate Exploration Ltd" de Toronto. Elle est située à 60 km à l'est de Galway.

Le corps minéralisé qui contient du plomb, du zinc, de l'argent et du cuivre a été découvert par des forages exécutés fin 1961 - début 1962 après une campagne de prospection active qui avait mis en évidence des anomalies géochimiques et géophysiques importantes.

Les droits d'exploitation couvrent une région de 18 km^2; ils sont accordés pour une période de 21 ans et renouvelables pour une deuxième période de même durée.

12. Géologie

Le dépôt est situé dans le calcaire carbonifère sous une mince couche de terrains glaciaires dont l'épaisseur varie de 2,40 m à 12 m. Il est localisé au nord de la faille Tynagh Nord dont le rejet vertical varie de 450 m à 630 m. Cette faille est orientée est-ouest. Au mur de la faille, on trouve les vieux grès rouges du Dévonien. La faille les met en contact avec le calcaire carbonifère du Viséen inférieur (fig. 2).

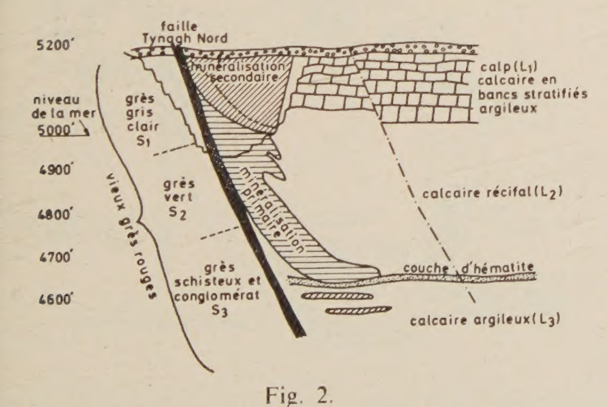


Fig. 2.
Coupe géologique montrant l'allure des minéralisations primaire et secondaire.

On distingue nettement deux zones minéralisées :

a) *La minéralisation secondaire* située immédiatement sous les dépôts glaciaires. Elle a la forme d'une vaste cuvette de 750 m de longueur, 150 m de largeur et 105 m de profondeur. Le dépôt est constitué de sulfures de Pb et de Zn et d'oxydes brun orange, de Pb, de Zn et de Cu disséminés dans une boue de sédiments altérés, constituée elle de schistes sombres, de sables et de blocs de calcaire. Ce gisement est logé dans le calcaire CALP (L_1). La séparation entre le calcaire en bancs stratifiés et le dépôt est très nette. Il en est de même du côté de la faille "Tynagh" au contact des grès rouges. Il s'agit vraisemblablement du remplissage d'une cavité karstique dans lequel on retrouve tous les restes des bancs éboulés au sud de la faille. La dernière phase de remplissage a eu lieu au Tertiaire supérieur. Il devait exister à l'aplomb un marécage car les lits supérieurs contiennent des troncs de cyprès.

La minéralisation secondaire trouve son origine dans l'érosion d'une partie de la minéralisation primaire au nord de la faille. On trouve en effet à la base de ce gisement des sédiments détritiques. La nature des solutions et les processus de remplissage ont changé suivant le climat, la valeur du pH, le mode de transport et, de ce fait, il se déposait des oxydes ou des sulfures. On trouve ainsi côte à côte de la limonite, de la pyrite, de la cérusite, de la galène, de la blende, de la barytine, etc.

Ces grandes variétés de minéraux et de teneurs en minéraux ont donné lieu à de très grosses difficultés dans l'installation de concentration. C'est ainsi qu'on a délimité 7 à 8 espèces de minéralisations différentes que l'on s'efforçait d'exploiter séparément (l'exploitation à ciel ouvert était favorable au chargement sélectif des produits). On a délimité les zones suivantes :

a) la zone riche en sulfures de Pb, de Zn et de Cu,
b) la zone riche en oxydes de Pb,
c) la zone riche en oxydes de Zn,
d) la zone riche en mélange d'oxydes,
e) la zone riche en argent,
f) la zone riche en cérusite.

La délimitation des zones a nécessité un prélèvement intensif d'échantillons pendant l'exploitation (lors du forage des trous de mines) et leur analyse au cours de la journée. Ceci permettait de délimiter des blocs de 4000 à 6000 t dont le chargement durait 2 ou 3 jours.

La teneur en Pb-Zn de la minéralisation secondaire variait de 10 à 15 %.

b) *Le dépôt primaire* est concentré dans la partie inférieure du gisement dans les calcaires compacts (L_2). La zone proche de la faille est une brèche glissée et latéralement on passe au calcaire récifal du Waulsortien (fig. 3). Il ne comporte que des sulfures en majorité

calcaire moyen	calp siliceux	$L_1(a)$	calcaire calp
	calp non siliceux	$L_1(b)$	
			zone de transition
séries des calcaires inférieurs	calcaire à crinoïdes	$L_2(a)$	calcaire récifal
	brèche glissée	$L_2(b)$	
	calcilutite principale	$L_2(c)$	
	hématite		hématite
		$L_2(c)$	calcaire récifal
	brèche glissée	$L_2(b)$	zone de transition L_2/L_3
	calcaires argileux inférieurs	L_3	calcaires argileux inférieurs

Fig. 3.
Echelle stratigraphique dans la région de Tynagh.

de Pb et de Cu près de la faille et de Zn plus loin. La minéralisation est extrêmement fine ($<$ 1 mm) et intimement liée à la gangue calcaire non altérée. Macroscopiquement, elle est à peine décelable sauf dans les fissures et dans de petites cavités de dissolution où l'on décèle la présence de galène et de sphalérite en filon de 1 cm d'épaisseur. Là on trouve des agrégats cristallins grossiers.

On trouve aussi une minéralisation stratiforme peu développée dans le calcaire Tournaisien sous-jacent. En dessous du calcaire récifal (L_2), on trouve une couche sédimentaire d'hématite d'origine exhalative et enrichie en manganèse.

Du fait de la similitude structurelle et paragénétique de ce gisement avec d'autres gisements de Pb et Zn dans le calcaire, on peut dire qu'il s'agit d'une minéralisation synsédimentaire. Le dépôt s'est formé dans une mer du Carbonifère dont la teneur en métaux des eaux était due à des venues thermales sous-marines. On observe d'ailleurs de minces bancs de tuf interstratifiés dans le calcaire, ce qui est une preuve d'un volcanisme à l'époque. On trouve également de la pyrite, de la barytine et de l'argent en quantité appréciable. Les teneurs moyennes de la minéralisation primaire sont respectivement :

Plomb	4,28 %
Zinc	3,12 %
Cuivre	0,35 %
Argent	1,4 once par tonne.

13. Exploitation à ciel ouvert

L'exploitation a débuté à ciel ouvert en 1965 et cette phase était presque complètement achevée en 1973. La cavité a maintenant 720 m de longueur, 210 m de largeur et près de 100 m de profondeur.

Les parois de la cavité ont une inclinaison qui varie entre 45° et 60°, suivant la nature des roches. Les gradins ont une hauteur de 6 m. La route d'accès a une pente de 10 % et une largeur de 12 m.

L'équipement de cette exploitation comprenait :

- 3 pelles à godet de 2 m^3
- 13 camions de 15 t
- 2 foreuses montées sur chenilles
- 2 bulldozers
- 1 niveleuse de route
- 1 chargeuse à benne frontale
- 1 racleur nettoyeur.

La mine était attelée à 2 postes par jour et 5 jours par semaine. Tout le gisement secondaire formé de matériaux meubles a été enlevé en carrière, ainsi que 500.000 t du gisement primaire. L'explosif n'a été utilisé que pour l'enlèvement des stériles et le sautage de gros blocs de calcaire noyés dans la boue. Le minerai était suffisamment tendre et altéré pour être exploité à la pelle. On a enlevé ainsi 1,6 million de m^3 de minerai et 1,3 million de m^3 de stériles.

Le prédécoupage dans les gradins a eu un effet très bénéfique sur la tenue des parois de la cavité.

14. Exploitation souterraine

Dès 1968, une galerie inclinée a été creusée en vue de reconnaître le gisement en profondeur et à partir de cette galerie, 12.000 m de sondages carottés au diamant ont été forés.

Depuis la fin de l'année 1973, presque toute la production de la mine vient des travaux souterrains. Les accès au gisement comportent :

- Un puits de 225 m de profondeur et de 2,10 m de diamètre pour l'extraction du minerai (fig. 4). Le

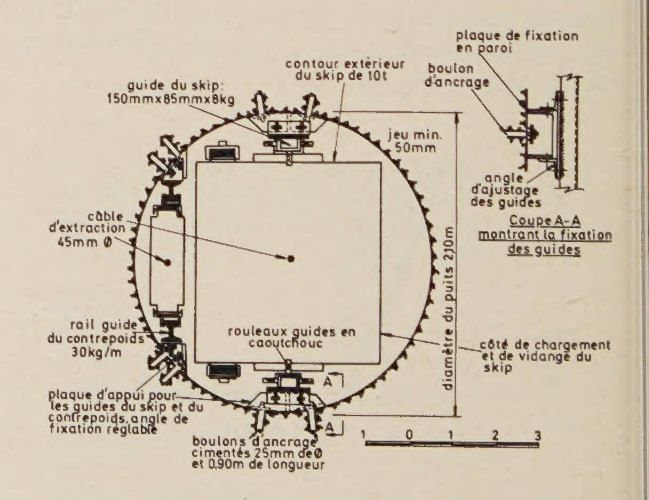


Fig. 4.
Coupe à travers le puits d'extraction foré mécaniquement.

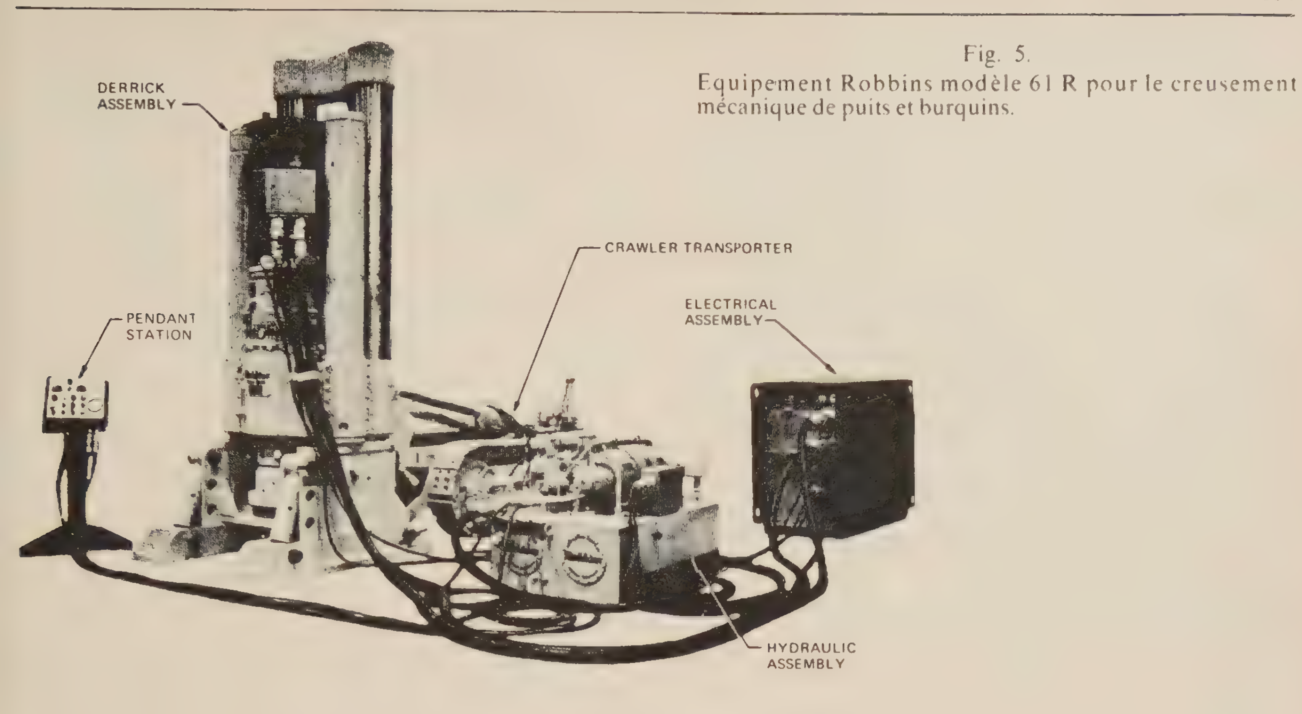


Fig. 5.
Equipement Robbins modèle 61 R pour le creusement mécanique de puits et burquins.

puits a été foré mécaniquement à l'aide d'une machine Robbins 61 R. La photographie (fig. 5) montre une phase de ce travail. La capacité d'extraction de ce puits est de 300 t/h avec une moyenne de 2000 t en un poste de 8 h (2 min par course).

– Une galerie inclinée à 15 % pour la descente des hommes et du matériel et pour accéder aisément aux différents niveaux avec des engins lourds.

Le gisement souterrain est en dressant incliné entre 55° et 60°. Sa longueur parallèlement à la faille est de 420 m, son épaisseur varie de 12 m à 45 m et sa profondeur de 105 m (350 pieds).

En verticale, le gisement est subdivisé en 3 sous-niveaux distants de 100 pieds (30 m), qui ont respectivement pour cote 4900' - 4800' et 4700'. Le dernier et 4e niveau, qui se trouve à la cote 4620, sert au chargement et au transport du minerai vers les installations de concassage et d'extraction par skip (fig. 6).

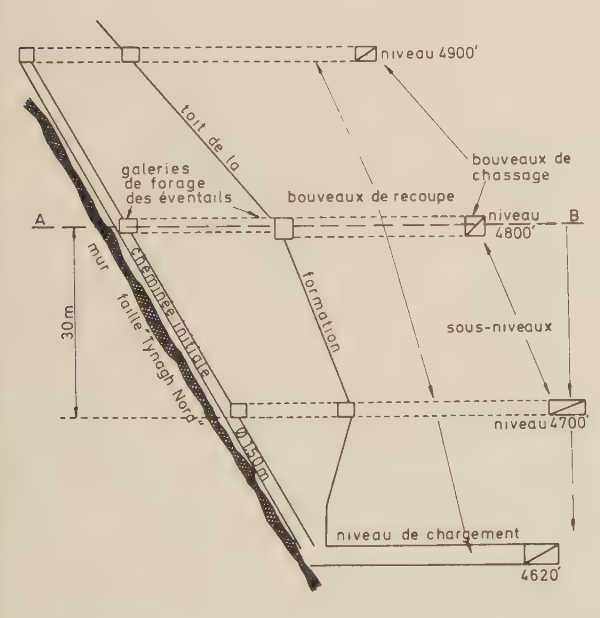


Fig. 6.
Coupe verticale de l'exploitation souterraine montrant les accès et la délimitation d'une chambre d'exploitation (coupe C D de la fig. 7).

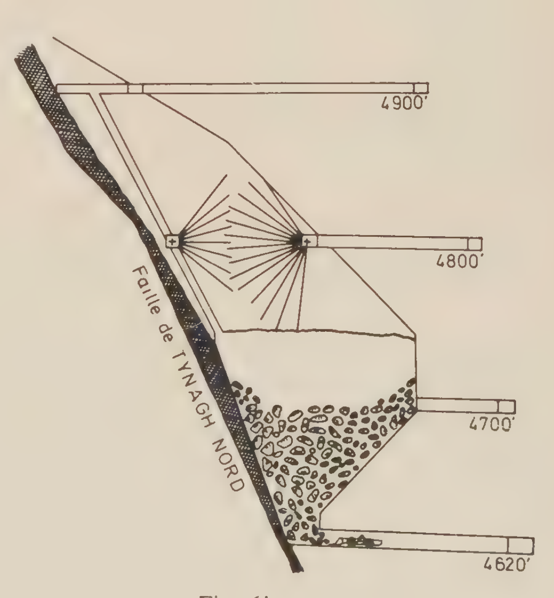


Fig. 6*bis*.
Schéma de l'ouverture d'une chambre

15. Méthode d'exploitation

La méthode adoptée est celle des grandes chambres abattues à l'explosif par de longs trous forés à partir de plusieurs sous-niveaux. La reprise du minerai est assurée au niveau inférieur (cote 4620) par chargeuses à benne frontale (L.H.D.).

Pour assurer une extraction aussi complète que possible du gisement, les chambres sont remblayées hydrauliquement et les piliers sont torpillés. A partir de la galerie inclinée, on pénètre dans les sous-niveaux par une galerie horizontale qui donne accès à un bouveau de chassage tracé parallèlement à la formation minéralisée à chacun des sous-niveaux. Le gisement est alors découpé en blocs de 30 m de largeur parallèlement au plan de faille, par des bouveaux de recoupe.

Ce bloc comprendra une chambre de 18 m de largeur et un pilier de 12 m (voir vue en coupe fig. 6 et en plan fig. 7).

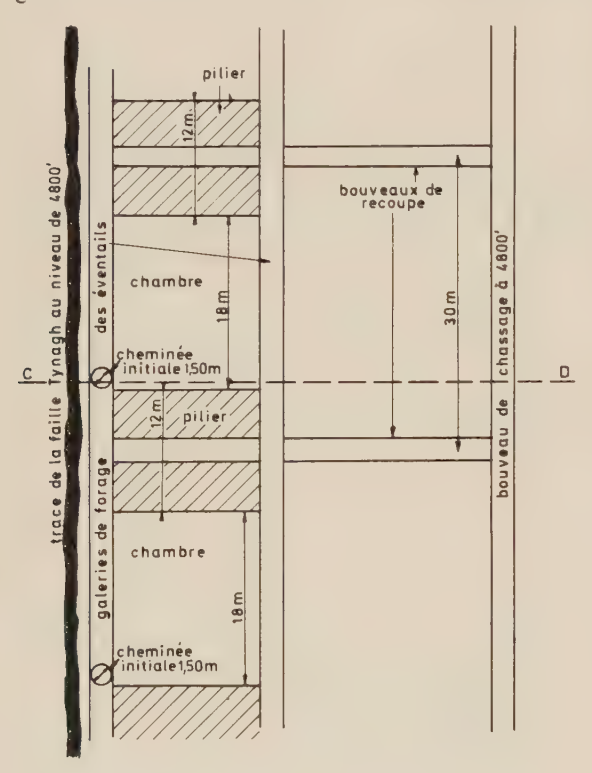


Fig. 7
Vue en plan au sous-niveau de 4800' montrant la succession des chambres et des piliers (coupe A B de la Fig. 6).

Les bouveaux de recoupe partant des bouveaux de chassage sont creusés dans l'axe de chacun des piliers et vont jusqu'à la faille Tynagh. Perpendiculairement à ces recoupes, on creuse dans le corps minéralisé une galerie tangente à la faille et une autre à la limite nord de la zone minéralisée. C'est à partir de ces galeries que les trous de mines en éventail seront forés pour abattre le minerai de la chambre. Les mêmes travaux sont exécutés à chacun des sous-niveaux aux cotes 4700', 4800' et 4900'

Au niveau inférieur de 4620', on creuse aussi des recoupes tous les 30 m jusque contre la faille, mais cette fois à l'aplomb d'un angle de la chambre et du pilier

151. Exploitation d'une chambre

Pour amorcer l'exploitation d'une chambre, on creuse mécaniquement une cheminée de 1,50 m de diamètre, parallèlement à la faille, dans l'angle de la chambre, et qui relie tous les sous-niveaux (entre les cotes 4620' et 4900').

Partant de ce trou de grand diamètre, on va faire une première saignée verticale parallèlement à la face du pilier. Pour ce faire on trace, à chaque sous-niveau, une galerie MN tangente à la bordure du pilier (voir vue en plan fig. 8).

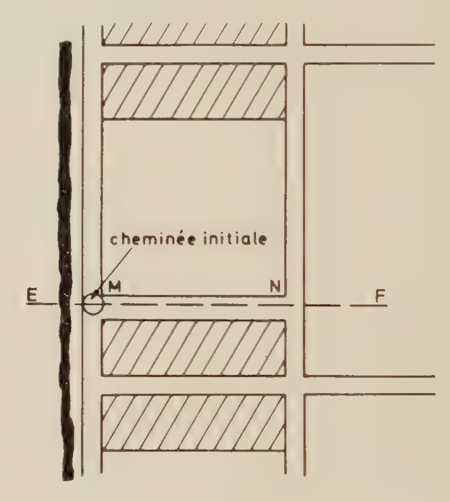


Fig. 8.
Vue en plan montrant le traçage M N qui va permettre de creuser une saignée verticale à partir de la cheminée initiale.

De ces galeries MN, M'N', M"N", on fore des trous parallèles à la cheminée et on abat ainsi une tranche verticale de minerai sur toute la hauteur de la chambre. On a ainsi réalisé une saignée verticale sur toute l'épaisseur du corps minéralisé depuis le mur constitué par la faille Tynagh jusqu'au toit de la formation minéralisée (fig. 9).

A partir de cette saignée, l'exploitation de la chambre va se poursuivre en abattant des tranches de minerai parallèles au pilier. L'abattage de ces tranches est assuré par des trous forés en éventail à partir de chacune des galeries des sous-niveaux, ainsi qu'on peut le voir sur la coupe verticale (fig. 10 et vue en plan fig. 11).

A partir des sous-niveaux de 4620' et 4700', les trous sont forés de façon à donner une forme évasée à la base de la chambre et constituer ainsi un entonnoir naturel qui guidera les produits vers le point de soutirage au niveau de 4620'.

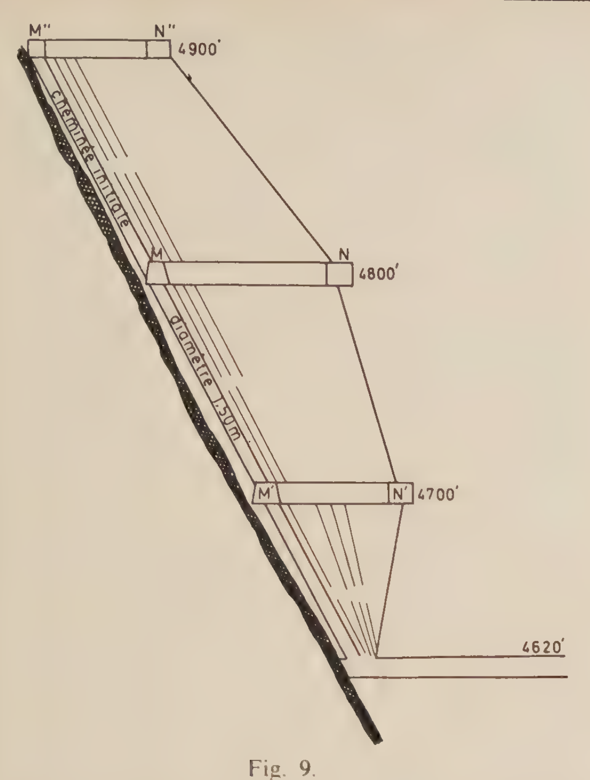


Fig. 9.
Coupe verticale montrant la façon dont on réalise la saignée verticale initiale à partir de la cheminée initiale (coupe E F de la fig. 8).

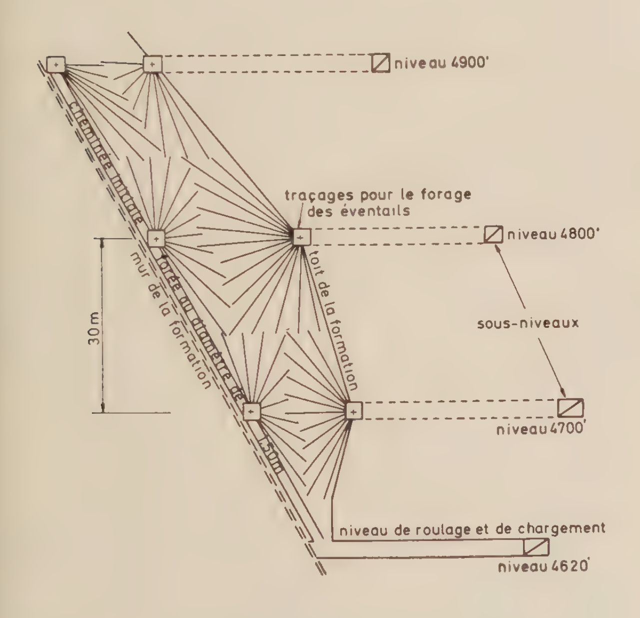


Fig. 10
Schéma montrant les trous de mines forés en éventail à partir des traçages des différents sous-niveaux

Dans une chambre, on compte en moyenne qu'il faut forer 12 à 14 m de trous et utiliser 25 à 30 kg d'explosif pour abattre 100 t de minerai.



Fig. 11
Vue en plan montrant la position des éventails de trous de mines à partir des galeries de forage.

152. Reprise d'un pilier

Quand l'exploitation d'une chambre est terminée, on torpille le pilier qui la sépare de la chambre précédente en forant dans le pilier des éventails de trous parallèles au vide de la chambre (fig. 12).

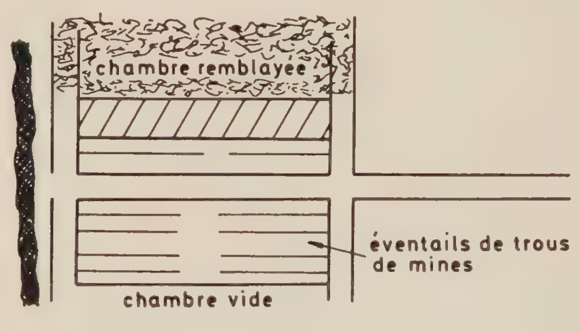


Fig. 12.
Torpillage d'un pilier

Le torpillage du pilier donne lieu à un abattage très important de minerai, mais la chambre vide est capable de contenir tous ces déblais foisonnés.

Lorsque le chargement de ces déblais est terminé, on procède au remblayage du vide. On pratique le remblayage hydraulique en utilisant les sables stériles provenant des rejets de la laverie. On ajoute du *ciment* pour consolider le remblai et assurer ainsi un bon support aux roches encaissantes. Ce remblai consolidé se tient suffisamment au moment du torpillage du pilier entre les 2 chambres. Par sécurité, on peut laisser un voile de minerai qui sera noyé dans le remblai.

153. Variante dans l'exploitation

Nous avons vu que l'épaisseur du corps minéralisé pouvait varier de 12 à 45 m. Quand l'épaisseur est grande, on creuse 3 traçages au lieu de 2 pour l'exploitation d'une chambre (fig. 13).

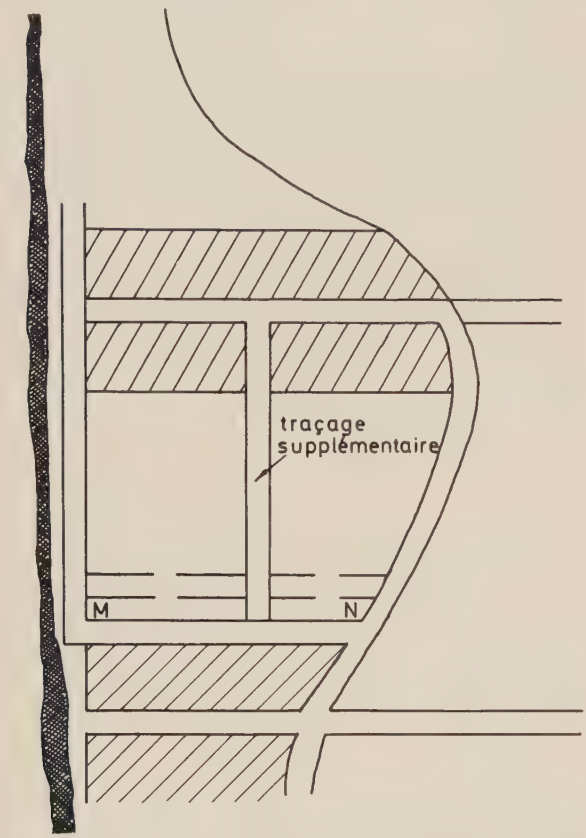


Fig. 13.
Schéma des galeries de forage des éventails quand le corps minéralisé est épais.

Quand l'épaisseur du corps minéralisé est très réduite, 12 à 15 m par exemple, on peut faire la saignée initiale parallèle au plan de faille, mais toujours à partir d'une cheminée initiale forée mécaniquement sur toute la hauteur du gisement.

16. Transport

Le chargement du minerai à la base des entonnoirs des chambres est assuré par des chargeuses à benne frontale (véhicule L.H.D.) d'une contenance de 4 m^3. Le minerai est déversé dans la trémie d'un concasseur à mâchoires qui réduit la granulométrie à 150 mm. De là, les produits sont repris par convoyeur à courroie et déversés dans la poche doseuse d'un skip de 10 t qui assure l'extraction jusqu'à la surface.

La capacité du puits est de 300 t/heure et la production journalière de 3.400 t. La semaine de travail comporte 5 jours.

Pour débloquer les travaux préparatoires des sous-niveaux, on utilise des chargeuses à benne frontale qui déversent les produits dans des cheminées spéciales qui relient les sous-niveaux à l'étage inférieur. Pour vider des bains d'eau, on fore des trous à travers le massif pour concentrer les eaux à la salle de pompes aménagée à l'étage inférieur.

17. Préparation mécanique

Les produits extraits par le skip sont déversés dans de grands silos qui peuvent contenir la production de 2 jours. Ils sont repris par convoyeur à courroie vers le concasseur à marteaux qui ramène la granulométrie à moins de 18 mm. Il est possible de déverser sur ce convoyeur des produits stockés provenant de l'exploitation à ciel ouvert.

Les produits concassés à 18 mm sont traités dans une installation à liquide dense qui permet d'éliminer la gangue calcaire franche. Le flottant constitue un concassé apprécié pour le revêtement des routes et la fabrication de béton. Cette installation a été mise en service en 1973 lors du début de l'exploitation de la minéralisation primaire. Le plongeant est dirigé vers l'installation de broyage et la granulométrie est ramenée à 325 mesh.

Les produits broyés passent alors dans l'installation de flottation sélective où l'on obtient des concentrés de Pb, de Zn et de Cu. L'humidité des concentrés est partiellement éliminée par des filtres à vide et le séchage est achevé dans des fours chauffés au fuel.

Les concentrés sont transportés par camions au port de Galway où il existe une capacité de stockage de 15.000 t. De là, il est embarqué vers l'Allemagne, la Belgique et la France pour le raffinage.

Une attention toute spéciale est dévolue à l'environnement. Les stériles provenant des travaux préparatoires au rocher, ainsi que les terrains de recouvrement enlevés pour l'exploitation à ciel ouvert, sont partiellement camouflés par des rideaux d'arbres.

2. SILVERMINES

21. Introduction

L'exploitation du Pb et du Zn dans la région de Silvermines est très ancienne (elle date de plus de 1000 ans) et a atteint son apogée vers 1860.

Depuis lors, les exploitations n'ont été actives que pendant quelques années durant le dernier siècle et ce, en fonction du cours des métaux sur les marchés mondiaux.

Depuis 1962, une nouvelle société, la Mogul irlandaise, a repris la concession. Elle est la propriété de "International Mogul Mines Ltd" à raison de 75 % et de "Silvermines Lead and Zinc Company Ltd" à raison de 25 %.

Le permis d'exploitation couvre environ 80 km² d'un territoire situé sur le flanc nord des monts "Silvermines" et qui s'étend en direction est-ouest le long de la faille "Silvermines". La mine est située à 8 km de la ville de Nenagh et à 35 km du port de Limerick situé au fond de l'estuaire du fleuve "Shannon".

Des recherches géochimiques (échantillons prélevés à 0,60 m de profondeur) et géophysiques importantes ont mis en évidence des anomalies, principalement le long de la faille "Silvermines" à 5 km à l'ouest du village du même nom. Des sondages carottés (environ 200) ont été forés en juin 1963 dans trois zones plus favorables. Les premiers sondages forés dans les zones K et B ont mis en évidence une minéralisation d'un intérêt marginal et les résultats obtenus dans la zone G étaient aussi assez décourageants. En octobre 1963, on prit la décision de forer un trou en dehors du canevas général adopté pour les sondages de prospection et ce sondage découvrit une zone minéralisée très étendue avec une teneur excellente.

Depuis ce moment, les sondages ont été intensifiés et 9 machines ont fonctionné jour et nuit.

Les dépenses pour les travaux de recherches ont atteint 300.000 livres (soit 30 millions de FB) pour un total de près de 43.000 m de sondages, soit 700 F par mètre foré en moyenne.

Ces sondages ont mis en évidence l'existence des réserves suivantes :

	Tonnes	% Pb	% Zn	Ag en onces
zone G supérieure	9.300.000	2,4	9,2	0,74
zone G inférieure	2.000.000	4,5	3,4	1,13
	11.500.000	2,8	8,2	0,8
zone B	2.000.000	4,0	6,0	1,0
zone K	500.000	1,0	6,5	0,5

Cinquante pour-cents de la zone concédée avaient été explorés et les résultats étaient suffisants pour ouvrir une mine dont la vie serait au minimum de 12 ans, avec possibilité de prolonger son existence par de nouvelles découvertes.

Des essais de minéralurgie et de métallurgie ont été exécutés en 1964 et un projet de mise en valeur du gisement fut évalué à 850 millions de francs belges. On prévoyait un délai de 30 mois pour le fonçage des puits, les travaux préparatoires au fond et la construction des installations de traitement en surface.

Le capital nécessaire a été fourni par un Consortium international, canadien, allemand, français et anglais. Les travaux ont débuté en 1965 et les installations étaient en service en mai 1968 (soit 6 ans après la constitution de la Société).

22. Géologie du dépôt de Mogul

Toutes les roches de la région sont de l'ère paléozoïque et du haut en bas, on rencontre

le calcaire carbonifère	——	Tournaisien
le dévonien	——	le vieux grès rouge
le silurien	——	les formations de "Llandovery".

Le coeur des monts "Silvermines" est constitué de roches siluriennes fortement plissées, tandis que les strates du Dévonien en discordance sur le Paléozoïque inférieur se trouvent sur les flancs et à la base des montagnes. Les bancs de calcaire faiblement inclinés couvrent le fond de la vallée.

La région de "Silvermines" est traversée d'est en ouest par une grande faille dont on peut suivre la trace sur plus de 30 km. Le rejet vertical varie de quelques centaines à plusieurs centaines de pieds (100 à 500 m de rejet) et l'on peut dire que la faille a une influence majeure sur le gisement de Mogul.

Les bancs de calcaire faiblement inclinés (à 17°) ont été déformés dans la zone de la faille comme les roches du Dévonien au sud, si bien qu'au voisinage de la faille l'inclinaison augmente pour atteindre 45° et même 65° (fig. 14).

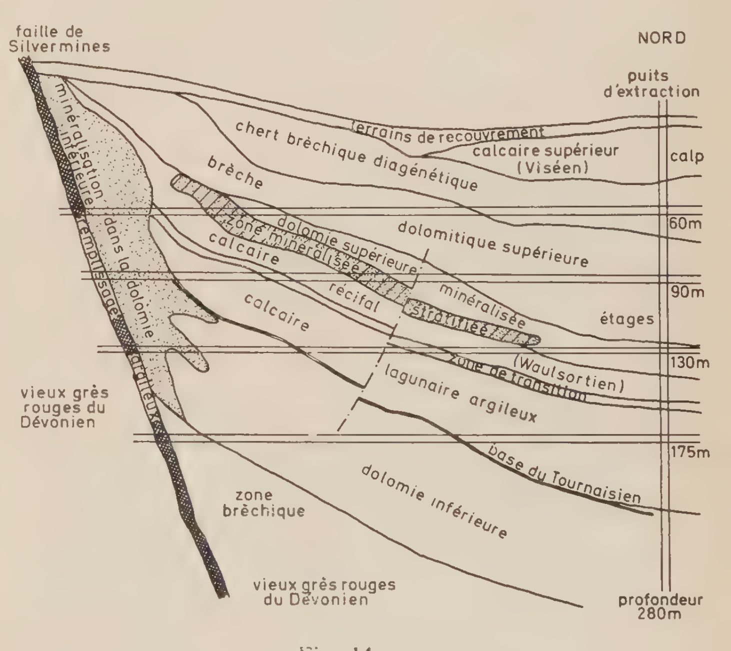


Fig. 14.
Coupe géologique montrant les deux zones minéralisées et les quatre niveaux d'exploitation.

La faille a engendré des tensions dans le calcaire qui l'ont fracturé et ont ainsi créé des conditions favorables à la formation de la masse minéralisée inférieure. La minéralisation – qui est pour 20 % constituée de sulfures, principalement de la galène et de la sphalérite, avec

un peu de pyrite, marcasite, chalcopyrite et arsénopyrite — est cristalline, grenue et suggère un dépôt de type hydrothermal dû à la montée d'une solution chaude.

Au contraire, la zone supérieure (75 % de sulfures) est principalement limitée à de la galène, sphalérite, pyrite et marcasite. La minéralisation est confinée et suit les plans de stratification dans le calcaire et la dolomie.

Il a été suggéré que la minéralisation supérieure était d'origine sédimentaire et que la précipitation était due à une action mécanique ou biochimique dans une lagune ou dans une boue récifale proche de l'ancienne ligne de rivage.

Le corps minéralisé est fortement incliné près de la faille; son inclinaison et son épaisseur diminuent progressivement vers le nord.

Parallèlement à la faille, le gisement a une extension approximative de 750 m et, vers le nord (donc perpendiculairement à la faille), la limite se situe à 350 m.

Il existe donc deux types de gisement à la mine Mogul :

- un gisement stratiforme
- un gisement de remplissage d'une zone fortement fracturée en bordure de la faille "Silvermines"

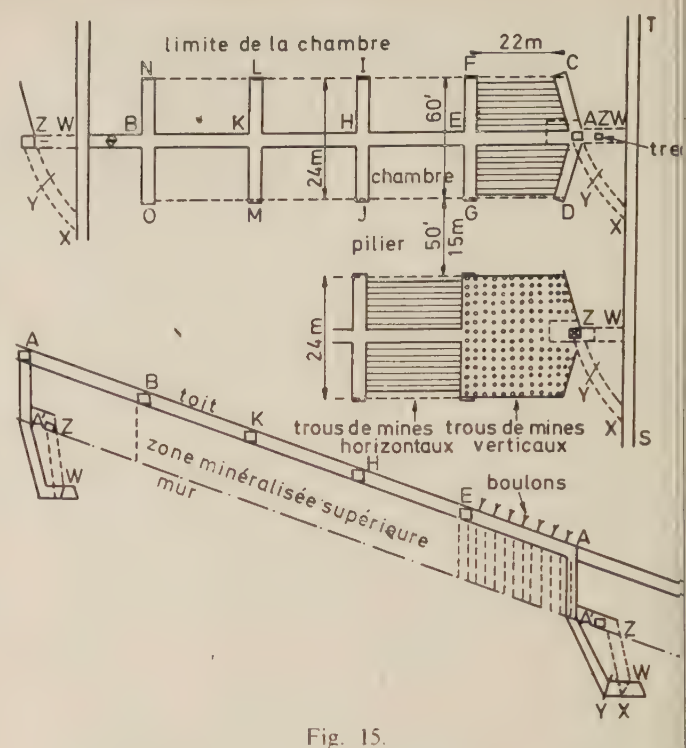


Fig. 15.
Exploitation de la zone minéralisée stratiforme par chambres vides.

23. Exploitation

En vue d'exploiter les deux zones minéralisées, un puits vertical a été foncé jusqu'à la profondeur de 280 m.

Ce puits est divisé en 6 compartiments. Il comporte 2 skips pour l'extraction du minerai, une large cage avec contrepoids pour le transport du personnel et du matériel, un compartiment avec échelles et un autre qui abrite les conduites d'air comprimé, d'eau et les câbles électriques. Le puits constitue l'entrée d'air principale de la mine. Il est situé au nord du gisement, c'est-à-dire dans les calcaires là où les bancs de roche sont faiblement inclinés. Partant du puits, on a creusé 4 bouveaux de recoupe qui pénètrent dans le gisement respectivement aux niveaux de 60 m, 90 m, 130 m et 175 m. A la recoupe du corps minéralisé, des bouveaux de chassage sont creusés parallèlement à la direction, mais généralement sous le gisement, pour faciliter le chargement des produits par gravité dans les berlines de 5 t.

La mine est aérée en diagonale par 2 ventilateurs disposés sur 2 sondages de grand diamètre forés à l'est et à l'ouest de la formation.

Le gisement stratiforme est exploité par la *méthode des grandes chambres vides*. On découpe le gisement suivant la direction, en chambres de 24 m de largeur (80') séparées par des piliers de 15 m (50').

Suivant la pente, qui peut varier de 17° à 35° comme on a pu le voir sur la coupe géologique, la longueur des chambres est de 90 m (300').

Au-delà, le gisement est exploité à partir d'un niveau supérieur (fig. 15). L'épaisseur peut varier de 4,50 m à 24 m (80').

En moyenne, elle est de 9 à 10 m. Quand elle n'est que de 4,50 m, la couche est prise en une fois sur toute son épaisseur.

Quand le gisement est plus épais (10 m par exemple), on pratique de la manière suivante :

1°) Ainsi que nous venons de le dire, les chassages principaux sont creusés à chaque niveau au mur de la formation (chassage ST).

2°) Partant d'une amorce de galerie latérale au chassage (XY), on creuse une cheminée oblique YA' jusqu'au mur, puis verticale A'A jusqu'toit de la formation minéralisée. On creuse aussi une deuxième cheminée inclinée, équipée d'échelles et de planches disposées le long de la paroi inférieure pour faciliter la montée du matériel (WZ).

3°) On effectue une série de traçages sous le toit de la formation pour constituer un véritable quadrillage de la chambre. Ce quadrillage comporte une galerie axiale AB suivant la pente et des galeries perpendiculaires AC, AD, EF, EG, HI, HJ etc. qui découpent la chambre en grands rectangles de 22 × 24 m. Les galeries ont 2,40 m de hauteur et 2,60 m à 3 m de largeur.

4°) On effectue alors le dépilage de la tranche supérieure en forant de longs trous de mines parallèles au montage axial. Par tirs successifs, on abat

une tranche de 2,40 m d'épaisseur au voisinage du toit et ce, entre CD et FG. A ce moment, on peut aisément renforcer le toit par des boulons d'ancrage.

5°) A partir de la cheminée verticale A'A, on effectue une saignée verticale AA', CC', DD' au pied de la chambre.

6°) Pendant qu'on pratique l'enlèvement de la tranche au toit dans le rectangle suivant FGIJ, on abat tout le minerai jusqu'au mur de la formation en forant des trous verticaux. On tire successivement des lignes de trous parallèles depuis CD jusqu'à FG. Dans cette phase, un seul tir peut abattre 1500 t de minerai. A la fin, on a donc une immense chambre vide de 90 m de longueur, 24 m de largeur et 10 m de hauteur si telle est l'épaisseur de la zone minéralisée. Le déblocage, dans ces chambres, est assuré par racleur actionné par un treuil à 3 tambours pour balayer aisément toute la largeur de la chambre. Une seule chambre peut contenir de 60.000 t à 120.000 t de minerai suivant l'épaisseur de la formation.

7°) Quand deux chambres contiguës ont été exploitées, on ouvre encore des fenêtres dans les piliers qui les séparent. Celles-ci ont généralement 15 m de largeur et sont séparées par des piliers de 7 m × 15 m (fig. 16). Cette reprise peut se faire en fin d'exploitation en rabattant. Il sera peut-être nécessaire de remblayer les chambres voisines hydrauliquement avant de pratiquer la récupération des piliers.

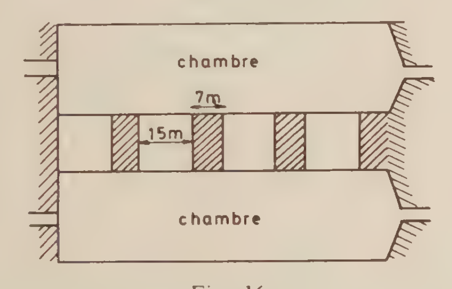


Fig. 16
Récupération partielle des piliers (en phase rabattante).

8°) Les produits sont amenés à la cheminée par racleur et repris à la base des cheminées par des chargeuses à benne frontale. On évite ainsi l'installation de trémies de chargement à chaque chambre. Les produits sont stockés dans une cheminée avant leur chargement en wagons.

24. Transport

A chaque sous-niveau, le transport dans le bouveau de recoupe est assuré par locomotives diesel et wagons de 5 t.

Près du puits, les sous-niveaux sont raccordés par une cheminée verticale qui alimente le concasseur souterrain.

La granulométrie est ramenée à 150 mm. A la base du concasseur, les produits sont repris par un alimentateur qui distribue le minerai aux poches doseuses des skips de 8 t.

La capacité d'extraction est de 4.200 t par jour. Pour cela, il faut disposer de 15 à 20 chambres dont 7 à 8 sont en préparation.

25. Préparation mécanique

Les skips déversent le minerai sur un convoyeur à courroie qui alimente une série de concasseurs à cône ramenant la granulométrie à 15 mm. Après criblage, ces produits sont stockés dans des silos dont la capacité totale est de 10.000 t (3 jours de production).

Le minerai passe ensuite dans des broyeurs à barreaux et le refus des cribles est dirigé vers des broyeurs à boulets. A ce moment, 92 % des produits ont une granulométrie inférieure à 75 microns.

L'installation de flottation comporte plusieurs batteries de cellules. On flotte d'abord la galène (donc le plomb), puis la sphalérite (donc le zinc).

Les concentrés de galène et de zinc passent sur des filtres à vide à tambour et l'humidité est ramenée à 15 %. Ils passent ensuite dans des sécheurs rotatifs qui ramènent la teneur en humidité à 7 à 8 %. Le concentré de galène contient 35 % de Pb métal. Le concentré de sphalérite contient 52 % de Zn métal.

Ces concentrés sont transportés en trains à Limerick, chargés en bateaux et raffinés en Europe. La capacité de stockage au port est de 12.000 t. La capacité de l'installation de préparation est de 3.000 t/jour mais, pour suivre l'extraction, elle travaille 7 jours par semaine.

26. Divers

La mine de Pb et Zn de Mogul produit 3.000 t par jour. Le personnel total compte 540 hommes (ouvriers et employés). A côté des travaux miniers et de l'installation de préparation du minerai, la société dispose en surface de vastes ateliers électriques et mécaniques pour l'entretien du matériel, des magasins, un laboratoire d'essais et d'analyses, un service géologique et topographique, des bureaux, bains-douches, etc.

3. GORTDRUM MINES

31. Introduction

La mine de Gortdrum est située à 5 km de la ville de Tipperary et à 40 km à l'est du port de Limerick.

Comme dans les autres régions d'Irlande, une phase de prospection intense a précédé la découverte du gisement. On a prélevé des échantillons dans les rivières, on a procédéà des prospections géochimiques complétées par des levés de polarisation induite avant de passer à une campagne de sondages qui a permis de découvrir le gisement plomb-zinc de Oola à 3 km à l'est de Gortdrum, puis l'importante zone minéralisée à teneur intéressante en cuivre. Tous ces travaux ont été exécutés par le "Syndicat du calcaire inférieur", premier tenant de la licence de prospection en 1962-1963.

La zone ainsi prospectée couvrait une superficie de 130 km^2.

La Société "Gortdrum Mines Limited", fondée en juin 1964, a entrepris une vaste campagne de sondages entre octobre 1964 et juillet 1966. Plus de 14.000 m de sondages carottés ont été forés (soit 120 sondages). Ceux-ci ont mis en évidence l'existence d'un gisement de 4 millions de tonnes de minerai contenant 1,19 % de cuivre et 0,75 once d'argent à la tonne (1 once = 31 g).

En 1970, la "Gortdrum Mines Ltd" (Irlande) a été reprise par la "Northgate Exploration Ltd".

En 1964 et 1965, la "Irish Base Metals" et la Compagnie "Galigher" ont effectué des essais métallurgiques complétés par la "Lakefield Research" sous la direction de "Canadian Bechtel". Cette Société a élaboré tout le programme de mise à fruit du gisement, a enlevé les terrains de couverture et a construit l'installation de préparation mécanique du minerai d'une capacité de 1500 t/jour. L'installation a été mise en service à la fin de 1967.

Les essais ont montré que l'on pouvait récupérer 91,5 % du cuivre et 92,8 % de l'argent contenus dans le minerai.

En 1968, on a constaté que du mercure à raison de 0,01 % était associé au minerai de cuivre et une installation de récupération de ce produit a été construite en 1969.

32. Géologie

Les premières anomalies géochimiques ont été décelées dans une carrière de calcaire à environ 1,5 km au nord du gisement. Cette anomalie était située à l'est du prolongement en direction de la mine Oola Hills de Pb, Zn exploitée au 19e siècle.

Des échantillons de sol prélevés dans une aire de 800 m de longueur et de 225 m de largeur donnaient des valeurs comprises entre 2,5 et 20 fois supérieures à la lecture de fond. Il semble que les anomalies géochimiques étaient systématiquement décalées vers le nord par rapport aux anomalies observées en polarisation induite (environ 1000 m) (fig. 17).

Les mesures de polarisation et les sondages carottés ont mis en évidence une faille inconnue jusqu'alors,

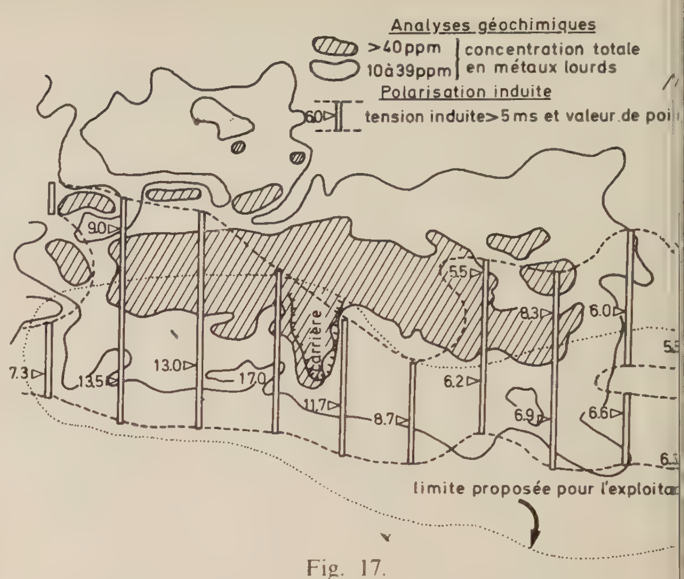


Fig. 17.
Vue en plan des anomalies géochimiques et géophysiques.

inclinant à 70° vers le nord et dont la direction était E-N-E - W-S-W. Cette faille met en contact les calcaires et calcaires argileux du Carbonifère inférieur au nord avec les grès et schistes du Dévonien au sud (fig. 18 et 19).

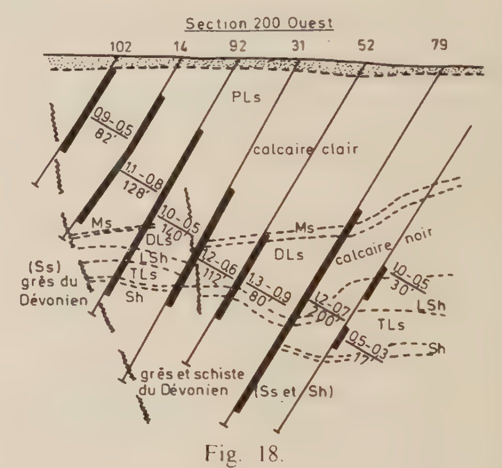


Fig. 18.
Résultats des sondages carottés (coupe transversale 200 ouest).
Au numérateur, on donne la teneur en cuivre en % et la teneur en argent en onces par tonne, tandis qu'au dénominateur on donne la longueur en pied à laquelle les nombres des numérateurs se rapportent.

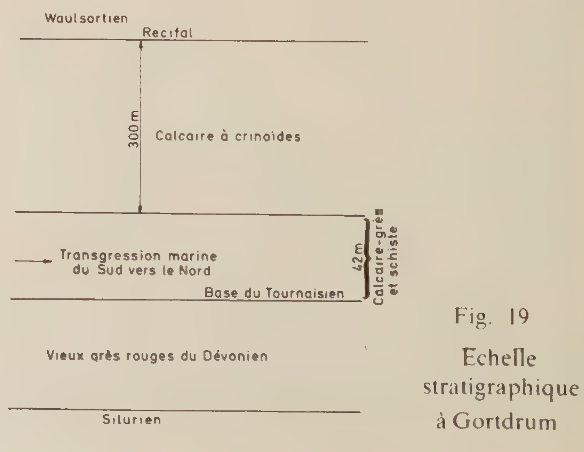


Fig. 19
Echelle stratigraphique à Gortdrum

Au nord de la faille, le calcaire carbonifère repose en concordance de stratification sur le Dévonien, tandis qu'au sud, les grès et les schistes inclinent lentement vers le S-W.

Au contact de la faille, les calcaires sont fortement altérés, dolomitisés, fracturés et montrent également des plis et des recouvrements. Dans ce gisement, la minéralisation est aussi localisée dans les calcaires et les schistes carbonifères sans horizon préférentiel et orientée parallèlement à la faille principale. Il s'agit essentiellement d'une imprégnation des fissures. Plus il y a de fractures, plus la minéralisation est abondante. On en trouve un peu dans le grès au mur de la faille, mais cette minéralisation n'a aucune signification économique.

Les contours de la zone minéralisée sont à peine visibles sans prélèvement d'échantillons. Localement, une coloration rouge due à l'altération des pyrites indique une concentration plus élevée en minerai.

La minéralisation varie dans la partie supérieure, elle consiste principalement en chalcopyrite et tennantite par contre, dans la partie inférieure et plus spécialement à l'extrémité est, on trouve de la bornite-chalcosine (la tennantite est moins abondante et la chalcopyrite très éparse).

Le mercure est associé à la tennantite et au cinabre, tandis que le faible pourcentage d'argent se présente essentiellement à l'état natif.

Le gisement de Gortdrum a vraisemblablement pour origine la montée de solutions hydrothermales le long du plan de faille et leur circulation dans le réseau de fissures. On peut émettre l'hypothèse que ces solutions métallifères sont en rapport avec le complexe volcanique apparent entre Limérick et Tipperary, contemporain du Carbonifère moyen ou supérieur.

La teneur en minéraux varie très rapidement sur la distance d'un mètre. On n'obtient une valeur moyenne qu'en considérant des blocs qui ont au moins un volume de 10 m^3.

Le contrôle de la teneur avec une certaine précision n'est obtenu que par un prélèvement permanent d'échantillons. Dans chaque trou de mines, on prélève 2 à 3 échantillons et de cette façon il est possible de déterminer avant le tir :

1°) le minerai à envoyer directement à l'installation de préparation,
2°) la quantité de minerai pauvre à reprendre au tas et à mélanger au minerai à traiter,
3°) les parties du tas à déverser au terril.

En effet, il existe en surface un stock de minerai qui contient assez bien de tennantite.

33. Exploitation

L'exploitation du gisement se fait en carrière (à ciel ouvert) et a débuté en 1968. Les terrains de recouvrement constitués d'argile glaciaire bourrée de cailloux ont été enlevés par racloirs. Actuellement, dans la progression des travaux, ces terrains sont enlevés à la pelle. La majeure partie des terrains de couverture a été utilisée pour l'édification des digues du bassin de décantation des boues de flottation.

La carrière a la forme d'un vaste ovale un peu étranglé au centre.

En coupe, la carrière a la forme d'une cuvette dont les flancs sont formés de gradins de 8 m de hauteur. Elle est plus largement ouverte dans les calcaires du toit (fig. 20).

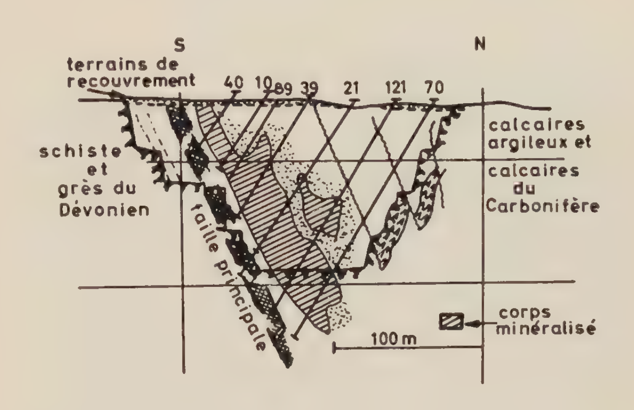


Fig. 20.
Coupe en travers de l'exploitation à ciel ouvert. La zone en hachuré indique les limites du corps minéralisé.

Ces calcaires se sont révélés beaucoup moins stables qu'on ne l'avait pensé et de ce fait la pente d'ensemble a été modifiée. Les calcaires sont coupés par de nombreuses failles et fractures que les sondages carottés n'avaient pas mises en évidence. La paroi au mur est aussi beaucoup moins solide du fait de fractures structurelles, de l'existence de bancs imperméables et de l'altération rapide des roches par les agents atmosphériques.

Les parois de l'excavation ont une pente d'ensemble de 40°, les gradins ont 8 m de hauteur et, tous les 4 gradins, on a prévu un espace horizontal de 15 m. Il y a actuellement 11 gradins à l'extrémité ouest et 13 à l'extrémité est, donnant une profondeur maximale de 104 m.

Le prédécoupage des gradins avant leur mise à limite a considérablement amélioré la tenue des parois de la cavité.

Les produits sont abattus à l'explosif. Les trous de mines sont forés par des marteaux Joy ou Atlas Copco (2 et 2) montés sur des affûts à chenilles (fig. 21). Les trous de mines sont distants de 4,50 m les uns des autres (schéma 4,50 m × 4,50 m). Ils sont chargés de cartouches de slurry à la base et remplis d'un mélange de nitrate ammonique-fuel oil (fig. 22).

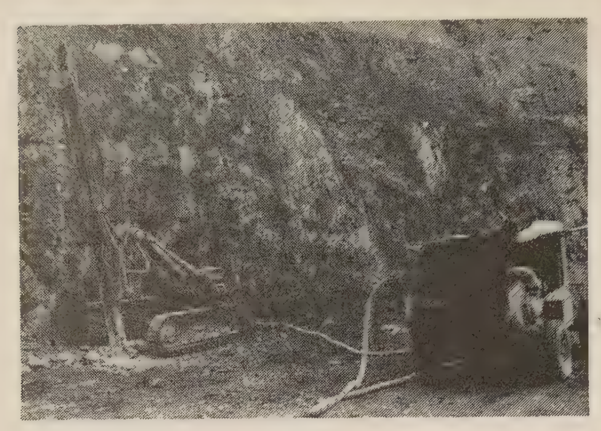


Fig. 21.
Forage des trous de mines à la mine Gortdrum.



Fig. 22.
Chargement des trous de mines.

Le chargement des déblais est effectué par des pelles équipées de godet de 2,5 à 3 m^3 (il y a 3 pelles en service) et par une chargeuse à benne frontale de 5 m^3 montée sur pneus. Le transport est assuré par 7 camions de 35 t et 3 de 25 t (fig. 23).



Fig. 23.
Chargement des déblais dans un camion de 35 t.

L'équipement est complété par un bulldozer pour l'enlèvement des terrains de couverture et une niveleuse pour les routes.

La route permanente d'accès au fond de la carrière a 15 m de largeur et présente une rampe de 12 %. La production journalière brute est de 1.200 t.

En mai 1974, 4 millions de tonnes de minerai et de stériles avaient été manipulés.

34. Préparation mécanique

Les camions déversent le minerai dans la trémie d'alimentation d'un concasseur à mâchoires puis, après criblage, ils passent à un deuxième et enfin à un troisième stade de concassage. La granulométrie est alors ramenée à 18 mm.

Les produits sont stockés dans un silo de 27.000 t équipé de 5 trémies de reprise. Ils passent ensuite dans des broyeurs à barreaux, puis dans des broyeurs à boulets. Le classement final est exécuté dans des cyclones dont le débordement est dirigé vers l'installation de flottation. Pour obtenir une bonne récupération du cuivre, le produit doit être broyé jusqu'à avoir 95 % plus petits que 325 mesh.

Une première flottation grossière se fait dans 20 cellules (Agitaire) de 2,5 m^3. Les rejets sont directement pompés dans un bassin de décantation. Les eaux clarifiées sont réutilisées dans les broyeurs. La flottation finale se fait en 3 stades, comportant chacun 18 cellules. Les rejets du premier stade sont réintroduits en tête de la flottation grossière.

Les concentrés de flottation passent sur des filtres à tambour Eimco de 9 m de diamètre. Ces concentrés contiennent 36 % de cuivre et 27 onces d'argent. La présence de certains oxydes contrarie la flottation. Les concentrés de cuivre qui contiennent du mercure sont calcinés dans des fours à gaz dans des conditions bien précises de température (53°) et dans une atmosphère d'azote (N_2). La teneur en O_2 doit être contrôlée avec précision.

Le mercure distillé est condensé dans une batterie de tubes.

La production annuelle de mercure est de 1300 bouteilles (soit 50 t).

La récupération du mercure est intéressante, car elle facilite l'écoulement des concentrés de cuivre, mais l'opération en elle-même est déficitaire.

Tous les produits sont expédiés par le port de Limerick en partie vers Huelva au sud de l'Espagne où ils sont traités par Rio Tinto.

4. AVOCA MINES

41. Introduction

La mine Avoca est située à 65 km au S-E de Dublin.

Le gisement est connu depuis le temps des Romains, car il affleurait sur les collines bordant la rivière Avoca. Récemment, la mine a été remise en activité en 1958.

mais à nouveau fermée en 1962 par suite d'une situation financière difficile due à la dépréciation des cours du cuivre et en même temps à une diminution de la teneur en cuivre du minerai extrait.

Comme suite à de nouveaux travaux de reconnaissance qui ont mis en évidence l'existence d'une réserve de 7 millions de tonnes de minerai à 1 % de cuivre, l'exploitation de la mine a repris en janvier 1971.

La production actuelle est de l'ordre de 3.000 t/jour. Celle-ci provient pour 2.000 t de l'exploitation souterraine et pour 1.000 t de deux petites carrières à ciel ouvert. L'une d'elles donne 600 t par jour et l'autre 400 t/jour. Le minerai proche de la surface est en général complètement altéré et peut être exploité sans explosif.

42. Géologie

Les roches de la zone minéralisée de la mine sont d'âge Ordovicien. Elles comprennent une zone de sédiments finement grenus, des schistes tuffiques altérés, associés et intercalés dans les laves volcaniques.

Le gisement est associé à une bande métamorphique volcanique qui suit l'allure du géosynclinal Calédonien de direction NE-SW parallèle au long batholite granitique de 100 km de longueur qui affleure à l'ouest de la mine Avoca. L'Ordovicien est le premier à s'être déposé en bordure du géosynclinal Calédonien.

Une faille, SSW-NNE, coupe obliquement la vallée de la rivière Avoca et divise les zones minéralisées qui s'étendent sur 8 km, en deux sections distinctes. Son rejet horizontal est de 600 m. Une exploitation à ciel ouvert est située dans le gisement est et on y trouve des sulfures associés à des roches silicifiées ryolithiques. L'exploitation souterraine est actuellement concentrée dans la zone ouest. La figure 24 montre la disposition des zones minéralisées dans la région de la rivière Avoca. L'inclinaison des couches est comprise entre 50° et 60° vers le sud.

Les deux corps minéralisés exploités actuellement sont le "South Lode" et le "Pond Lode". Ils se recouvrent partiellement (fig. 25).

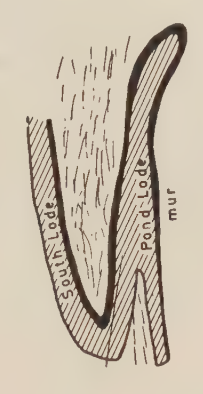


Fig. 25.
Coupe verticale montrant le recouvrement des deux Lodes dans la mine Avoca.

Le "South Lode" comprend de minces veinettes de quartz, irrégulières, contenant de la chalcopyrite. La zone minéralisée a une épaisseur maximale de 24 m avec une moyenne de 20 m. Elle a 600 m de longueur. La teneur en Cu est de 0,92 %. Les roches du toit et du mur sont solides.

Le "Pond Lode" est caractérisé par des bandes et des lentilles de pyrite massive finement grenue, avec de la chalcopyrite et moins de sphalérite et de galène. La minéralisation a des limites géologiques bien définies. La teneur en cuivre est de 1,25 % dans la zone riche. Cependant la minéralisation pénètre de plusieurs pieds dans le mur, mais la teneur en cuivre n'est alors que de 0,3 %. La roche du toit est constituée de tufs dolomitiques très friables. De ce fait, on ne peut prendre dans le "Pond Lode" que des chambres d'épaisseur réduite, 10 m maximum.

On n'exploite donc que le minerai riche dans cette zone. Celle-ci a 300 m de longueur.

La teneur en Pb et Zn varie. A l'ouest, on trouve principalement de la galène PbS et de la blende ZnS dans la proportion de 1 à 2,6.

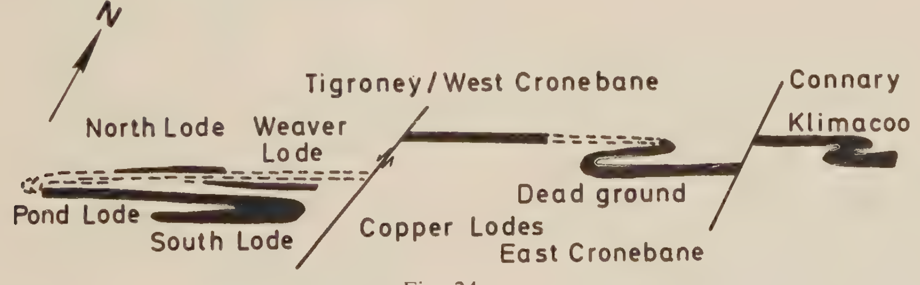


Fig. 24.
Vue en plan des zones minéralisées dans la région d'Avoca.

Les corps minéralisés sont considérés du type stratiforme syngénétique. Ils occupent une zone de cisaillement plus ou moins schisteuse siliceuse bien que la zone de cisaillement soit considérée comme étant postérieure à la minéralisation.

43. Exploitation

Etant donné la nature très différente des épontes des deux "Lodes", les méthodes d'exploitation adoptées sont également différentes.

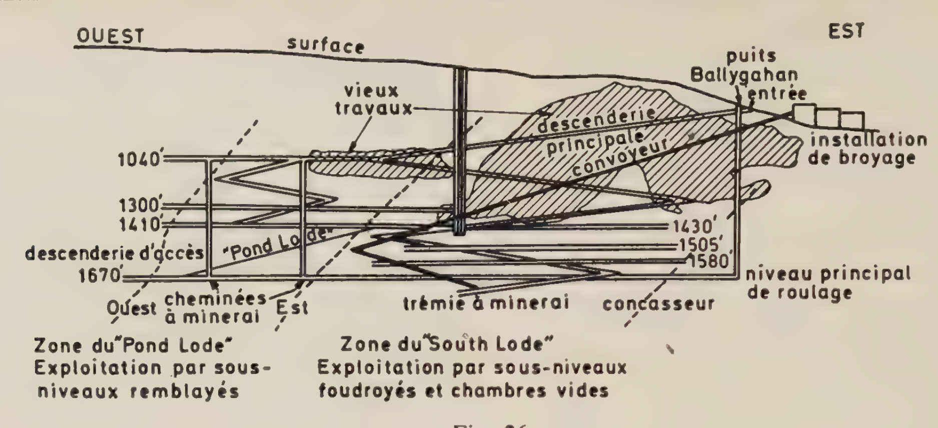


Fig. 26.
Vue générale des accès au gisement et des principaux sous-niveaux en exploitation.

A la mine Avoca, quatre méthodes sont actuellement appliquées, dont deux dans chacun des Lodes.

La mine est équipée d'engins sur pneus et l'accès principal de ces engins et du personnel est assuré par un tunnel incliné à 12 1/2 % de 3,30 m × 5,10 m de section, situé à 40 m au mur du "South Lode" dans une roche solide (fig. 26).

Un autre tunnel parallèle au premier, dont la pente est de 20 %, est équipé d'un convoyeur à courroie qui remonte les produits du niveau inférieur de roulage jusqu'en surface.

Un puits vertical, appelé "puits Ballygahan", de faible section, sert aux translations de personnel isolé. Il est équipé d'une cage pour 4 personnes et d'un contrepoids. Il contient aussi les tuyauteries d'exhaure. Le retour d'air se fait par des puits répartis dans le champ d'exploitation.

Les travaux actuels doivent être convenablement protégés des anciens travaux éboulés, remplis de boue et d'eau. Il faut veiller à laisser des stots suffisamment épais et solides pour éviter l'envahissement de la mine par des masses boueuses.

44 Méthodes d'exploitation du "South Lode"

Au sommet des nouvelles exploitations, on laisse un stot de 21 m d'épaisseur de minerai comme protection contre les vieux travaux (c'est-à-dire sous le niveau de 1300').

441. Exploitation par sous-niveaux foudroyés

Là où le "South Lode" a un toit de moins bonne qualité et là où l'épaisseur n'est pas trop grande, de 12 à 15 m par exemple, on exploite par sous-niveaux foudroyés. Pour ce faire, on divise la tranche à exploiter, c'est-à-dire de 1370' à 1670' (soit 300' ou 90 m), en 8 à 9 sous-niveaux de 10 à 11 m chacun (fig. 27).

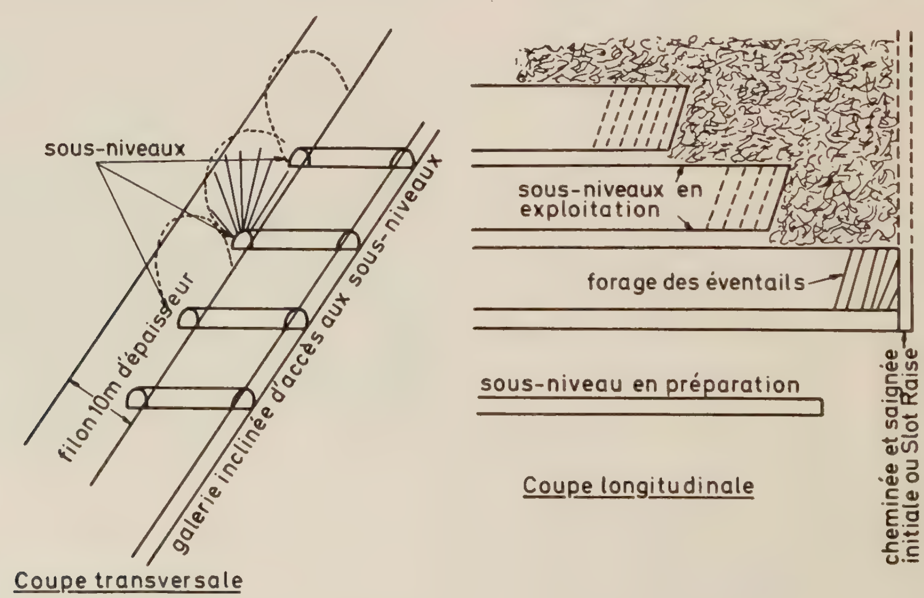


Fig. 27
Exploitation par chambres foudroyées (South Lode)

Partant de l'incliné principal, on creuse des bouveaux de recoupe à chacun des sous-niveaux jusqu'au corps minéralisé. A partir des points de recoupe, on trace les sous-niveaux à l'est et à l'ouest le long du mur de la formation jusqu'à l'extrémité du panneau. L'exploitation se fait du haut vers le bas.

En bout du panneau, on creuse une galerie perpendiculaire aux traçages, qui recoupe le corps minéralisé sur toute son épaisseur. Là le long du toit, on creuse une cheminée verticale pour établir la liaison entre les deux sous-niveaux. On élargit cette cheminée pour faire une saignée verticale sur toute l'épaisseur du filon.

A partir de cette saignée, on fore des trous de mines en éventail. Les premiers éventails sont fortement inclinés vers la saignée, puis ils se redressent pour finalement faire un angle de 80° avec la verticale. On fore 10 à 12 trous par éventail et les éventails sont distants de 1,50 m. On considère que le rendement à l'abattage est de 3 1/4 t par pied foré dans les éventails et de 1,5 t par pied dans la saignée initiale. On utilise du nitrate fuel comme explosif et celui-ci est introduit dans les trous à l'aide d'une cuve à pression pneumatique.

Le foudroyage du toit s'amorce parfois difficilement alors que les épontes sont réputées de mauvaise qualité.

442. Exploitation par grandes chambres vides abattues par sous-niveaux

Cette méthode est adoptée là où les épontes sont bonnes et là où l'épaisseur peut atteindre 20 à 24 m.

On découpe le gisement en panneaux de 140' de longueur (soit 42 m) suivant la direction et on prend des chambres de 30 m de longueur; on abandonne donc entre elles des piliers de 12 m. Ces chambres auront une hauteur finale de 100 m, c'est-à-dire la hauteur qui sépare les deux niveaux d'exploitation. Pour permettre l'abattage d'une telle chambre, on va prendre des sous-niveaux distants de 22,50 m.

A partir de chassages creusés au mur de la formation à chacun des sous-niveaux, on creuse des bouveaux de recoupe dans l'axe des piliers jusqu'au toit de la formation. On trace alors des chassages parallèlement au toit et au mur (voir vue en coupe et en plan figures 28 et 29) à chacun des sous-niveaux. Au centre de la chambre et parallèlement au mur, on creuse une cheminée mécaniquement à l'aide d'une machine "Alimak". A partir de cette cheminée, on découpe une saignée au centre de la chambre de haut en bas.

On fore ensuite à partir de chacun des traçages (au toit et au mur) des éventails dont les plans sont parallèles à la saignée centrale. On progresse ainsi du centre vers les deux piliers limites.

Le soutirage du minerai se fait à la base au niveau de 1670' par des véhicules L.H.D. (chargeuses à benne frontale). Le chargement est facilité du fait que la chambre est découpée en forme d'entonnoir.

Dans certaines parties du gisement, on a récupéré un pilier sur deux. Il suffit de prolonger les tirs d'éventails jusqu'au centre du pilier. Le minerai bascule dans chacune des chambres adjacentes. On a ainsi finalement un vide de 90 m de hauteur, 72 m de longueur et 25 m de largeur (fig. 30).

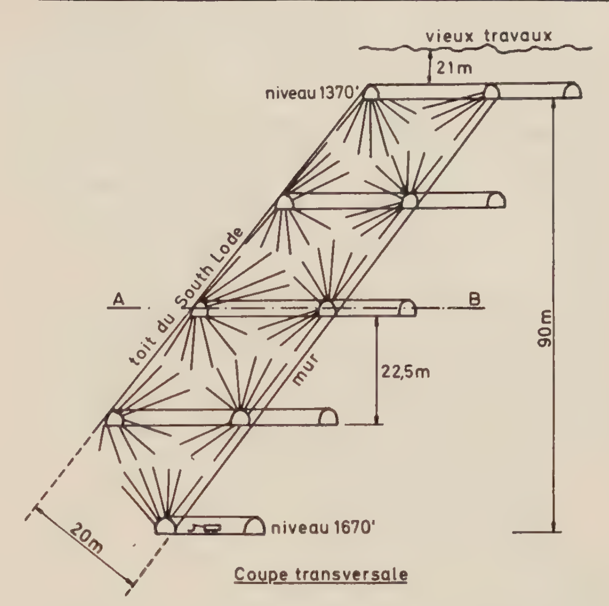


Fig. 28.
Exploitation par grandes chambres vides (South Lode).

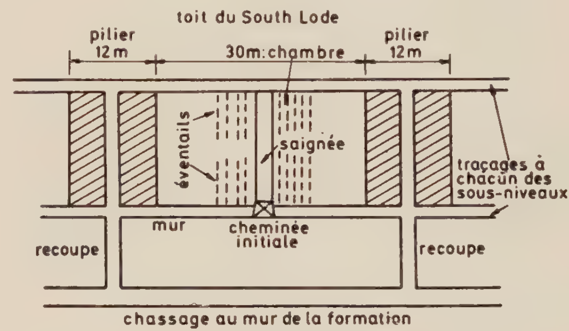


Fig. 29
Exploitation par grandes chambres vides (South Lode). Vue en plan à hauteur du sous-niveau A B de la fig. 28 (la coupe est tournée de 90° par rapport à cette figure).

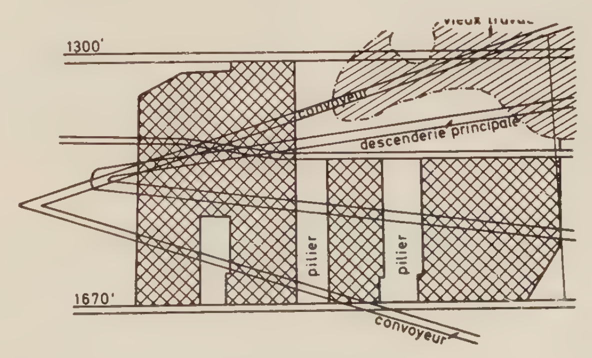


Fig. 30.
Extrait du plan d'exploitation dans la zone exploitée par grandes chambres vides dans le South Lode.

Ces vides sont énormes et pour éviter tout éboulement lors des exploitations sous-jacentes, il y aurait lieu de les remblayer.

La Société envisage l'achat d'une installation de remblayage hydraulique qui permettrait de remettre une grande partie des stériles dans les travaux souterrains et éviterait tout glissement en masse des épontes.

45. Méthodes d'exploitation du "Pond Lode"

Ce filon dans lequel le minerai riche se concentre sur une épaisseur de 10 m est doté d'un toit volcanique très friable. Deux méthodes sont actuellement employées.

451. Méthode par tranches horizontales montantes remblayées

Les tranches enlevées ont 4 m de hauteur et sont prises sur toute la longueur d'un traçage qui peut atteindre 300 ou 400 m à partir du point de pénétration. Le déblocage de ces tranches est effectué par des chargeuses à benne frontale (véhicules L.H.D.), ce qui implique de maintenir une galerie de 3 m de hauteur avant l'enlèvement d'une tranche.

Le remblayage ne peut débuter qu'après l'abattage complet d'une tranche; le volume vide peut alors atteindre :

300 m × 10 m (d'épaisseur) × 7 m (de hauteur).

Le toit est donc exposé sans soutènement sur une grande longueur, ainsi que le minerai sus-jacent d'ailleurs. De ce fait, des éboulements sont survenus malgré un renforcement du toit par boulonnage.

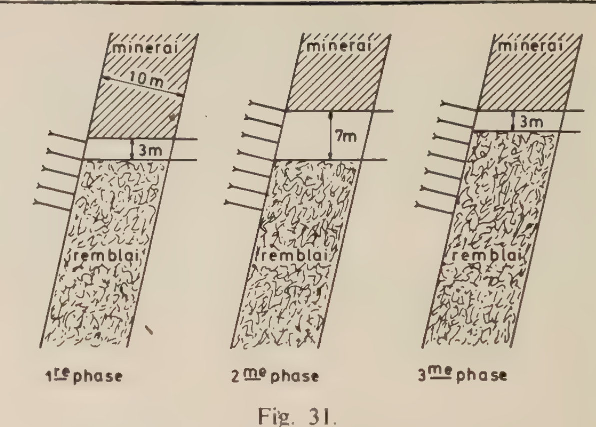


Fig. 31.
Tranches horizontales montantes remblayées.

452. Méthode par sous-niveaux à front oblique remblayés

Dans le "Pond Lode", un tunnel incliné à 20 % creusé au mur permet d'accéder aux différents sous-niveaux. La distance entre deux sous-niveaux est de 50' (15 m).

On trace des galeries dans le filon, sur toute l'épaisseur (c'est-à-dire 10 m) jusqu'à l'extrémité du panneau. La hauteur des traçages est de 3 m. Les traçages dépilent ainsi 20 % du gisement (fig. 32).

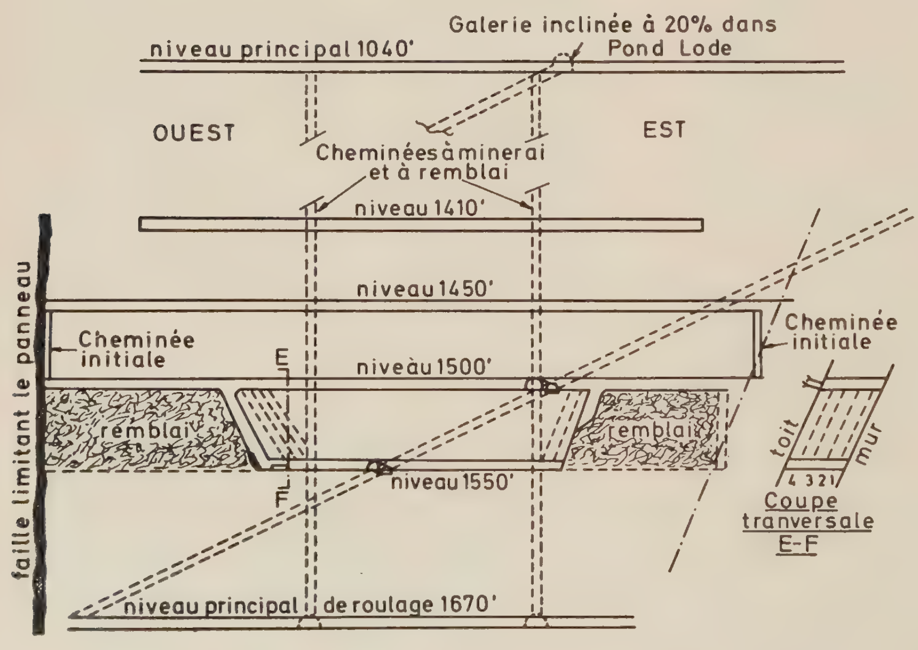


Fig. 32.
Exploitation par sous-niveaux à front oblique remblayés (Pond Lode).

En bout de panneau, on creuse une cheminée de liaison entre deux sous-niveaux (slot raise). On élargit la cheminée pour faire la saignée sur toute l'épaisseur du filon et on lui donne finalement une largeur de 5 m en direction.

On fore des trous de mines de bas en haut parallèlement aux épontes et inclinés à 75° vers la zone dépilée. Ils percent au mur du sous-niveau supérieur. La longueur des trous est de 18 m, leur diamètre est de 56 mm. L'épaisseur de minerai abattu est de 1,50 m par volée.

Au moment du tir, il faut ménager le toit qui est de mauvaise qualité. A cet effet, tous les trous sont chargés au nitrate fuel sauf ceux tangents au toit qui sont chargés de poudre noire. La mine au toit est tirée une rangée en retard par rapport aux autres. Le toit est également renforcé par boulonnage dans les traçages pour éviter qu'il ne s'éboule au moment du dépilage sous-jacent.

Dès que le minerai est chargé, par véhicule L.H.D., on remblaie jusqu'au mur du sous-niveau inférieur en amenant les pierres par le sous-niveau supérieur. Il s'agit de pierres provenant des travaux préparatoires au rocher. Elles sont transportées et basculées par des véhicules à benne frontale (L.H.D.). La dilution du minerai est estimée à 5 %, et la surface de toit exposée est vraiment minimale avec cette méthode.

Pour arriver à une productivité correcte par cette méthode, il faut travailler simultanément à plusieurs sous-niveaux :

- L'inférieur par exemple est en dépilage.
- Le suivant en remontant permet d'amener le remblai de la zone dépilée.
- Le troisième est en préparation de forage. Les longs trous sont forés à l'avance à l'aide d'un engin spécial monté sur chenilles, qui permet le forage simultané de deux trous.
- Le quatrième est en phase traçage, c'est-à-dire que les galeries sont en creusement. Le minerai des sous-niveaux est descendu vers l'étage inférieur par de larges cheminées creusées mécaniquement au mur à l'aide d'une "Alimak". A la base, ces cheminées sont équipées de trémies qui permettent le chargement de camions de 17 t.

46. Transport

Tout le minerai des sous-niveaux, ainsi que les stériles non utilisés au remblayage, sont ramenés au niveau inférieur de 1670'. Les camions de 17 t ou les Scooptrams transportent le minerai vers le concasseur primaire. Il s'agit d'un gros concasseur à mâchoires qui donne une granulométrie inférieure à 150 mm. Les produits sont stockés dans une trémie qui alimente le convoyeur à courroie qui amène les produits en surface. La courroie de 900 mm a un débit de 250 t/h.

Elle a une trame constituée de câbles métalliques. Elle est suspendue dans la galerie, ce qui permet une circulation aisée des véhicules sous le convoyeur (fig. 33). Son alignement est assuré par rayon laser

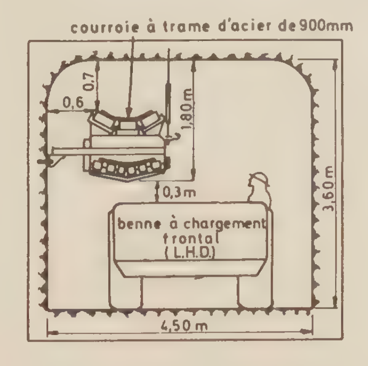


Fig. 33.
Coupe dans la descenderie principale équipée du convoyeur à courroie assurant l'extraction.

47. Divers

Les eaux de la mine sont très acides et les tuyaux d'exhaure sont en plastique.

La mine dispose de 4 chargeuses Wagner ST4A avec un godet de 4 m^3, une ST2 (2 m^3) et une ST8 (8 m^3), 3 trucks Volvo de 12 t et deux trucks Terex de 17 t. Les pneus des véhicules ont une vie de 1000 heures.

On prépare actuellement un nouvel étage d'exploitation à 1900' de profondeur. L'incliné principal de 3 × 5,4 m de largeur est déjà creusé jusqu'au niveau inférieur. Une nouvelle installation de convoyeur à courroie est déjà placée, ainsi qu'un deuxième concasseur à l'étage inférieur.

Le personnel total comprend 390 hommes.

La mine travaille à 2 postes et 5 jours par semaine.

L'installation de préparation mécanique est active 7 jours sur 7 pour assurer le traitement de la production des 5 jours.

Deux produits sont actuellement récupérés : le cuivre et la pyrite. Il y a également 3 onces d'argent par tonne de concentré de cuivre. Le Zn est rejeté avec les stériles.

Un analyseur à fluorescence à rayons X mesure la teneur en Cu en continu dans la pulpe, tandis qu'un appareil à rayons gamma mesure la densité de la pulpe.

5. TARA MINES

51. Introduction

Le gisement de Navan a été découvert en 1970 par la "Tara Exploration and Development Company", société d'origine canadienne qui a fondé la "Tara Mines Ltd" en vue de son exploitation

Ce succès a été obtenu environ 8 ans et demi après le début des travaux de reconnaissance entrepris par la Tara sur le sol irlandais et après avoir dépensé 2 millions de dollars, soit 80 millions de FB pour ce programme.

La découverte de ce gisement a cependant récompensé la société de sa persévérance, car il contient près de 80 millions de tonnes de minerai, ce qui constitue la plus grande réserve Pb-Zn connue dans un tel gisement en Europe occidentale.

La recherche de nouveaux gisements métallifères en Irlande centrale est rendue difficile du fait que les affleurements sont très rares. Le sol est recouvert de pâturages et de tourbières qui se sont développées sur des dépôts glaciaires d'une épaisseur de 10 à 20 m. Le socle est donc à peu près partout enfoui sous un épais manteau de terrains meubles.

Le gisement a été identifié grâce à une importante campagne de prospection géochimique effectuée sur un vaste territoire. En effet, le Carbonifère inférieur couvre plus de 25.000 km^2 du socle de l'Irlande.

Le terrain a d'abord été largement quadrillé en mailles de 150 m rapprochées à 60 m, puis à 30 m lorsque des anomalies étaient constatées. Les échantillons de sol étaient prélevés à 0.60 m de profondeur.

Alors que le niveau de fond des analyses géochimiques était de 100 à 120 ppm pour le zinc et de 60 à 80 ppm pour le plomb, on décelait dans la région proche de Navan, des anomalies importantes de l'ordre de 5000 ppm pour le zinc et de 2000 ppm pour le plomb. La zone des anomalies avait 900 m de longueur et 300 m de largeur.

Pour confirmer ces résultats et avant d'entreprendre des sondages de reconnaissance, il a été décidé de faire des mesures de polarisation induite. Celles-ci donnèrent de faibles résistivités et des réponses de polarisation en 25 millisecondes contre un niveau de fond de 2.5 millisecondes.

Suite à cela, 200 sondages carottés ont été forés et ont permis de délimiter le gisement en surface et en profondeur. La zone minéralisée s'étend sur 1 km × 300 m, tandis que le point le plus bas est situé à 510 m de profondeur.

L'épaisseur du recouvrement varie de 1.50 m à 3 m (où d'ailleurs l'anomalie géochimique atteignait 25.000 ppm en zinc) à 70 m. Cette anomalie extraordinaire a été observée non loin d'une ferme et on a constaté qu'à cet endroit le poteau électrique implanté dans la prairie était calé avec des blocs de minerai.

La teneur en minerai varie entre 10 et 11 % avec une proportion de 5 de zinc pour 1 de plomb. On trouve 0.15 once d'argent pour 1 % de plomb.

52. Géologie

Le gisement s'étend au nord de la rivière "Blackwater" sous une région purement agricole. Il se présente dans les formations de la base du Carbonifère inférieur, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une série de bancs de calcaires clairs et de dolomites de 30 m à 150 m d'épaisseur désignés sous le nom de "Pale Beds" (bancs clairs). Ces bancs inclinent vers le SW avec une pente de 20°.

Il est surmonté par une épaisse série de bancs minces de calcaire dans lesquels sont intercalés des bancs de schistes noirs. Cette formation a 120 m d'épaisseur dans la partie SW reconnue par sondages. Elle est connue sous le nom de "Upper Dark Limestone" (calcaire foncé supérieur).

En dessous du gisement, on trouve une série mixte d'argilites et de grès calcareux de 60 m d'épaisseur appelée "Mixed Beds" (bancs mixtes) qui, à son tour, recouvre les grès rouges et les conglomérats appelés "Red Beds".

Le gisement est situé de part et d'autre, avec prédominance du côté ouest, d'une faille inverse de direction nord-est. Le rejet de cette faille est de 75 m. Elle est située sur le flanc ouest d'un anticlinal datant du Paléozoïque inférieur et qui plonge vers le SW à Navan. Il est recouvert d'un manteau de roches carbonifères plus jeunes.

Le corps minéralisé atteint son développement maximum dans la moitié sud sud-ouest de la zone reconnue par sondages et il est entièrement localisé dans les "Pale Beds" (bancs clairs).

Il s'étend jusqu'à 150 m à l'ouest de la faille. Il diminue ensuite graduellement en épaisseur et en teneur dans la direction nord nord-ouest.

A l'est de la faille, en contraste violent, le minerai se présente près de la base des "Pale Beds" en lits minces et plus dispersés.

Lithologiquement, la minéralisation est plus abondante dans la dolomite qui apparaît nettement comme un horizon bien défini dans les "Pale Beds". Cet horizon est étroitement associé au corps minéralisé dans la forme d'une enveloppe irrégulière s'épaississant et s'amincissant en harmonie avec lui, suggérant ainsi une origine secondaire au gisement bien qu'actuellement il ne soit pas possible de dire s'il y a plus d'une génération.

La minéralisation consiste entièrement en sulfures primaires, sphalérite et galène, avec un rapport zinc-plomb approximativement de 5 à 1 et une teneur moyenne pour l'ensemble de 11 %. Associés à ces sulfures, on trouve aussi, en moindre quantité, de la pyrite, de la barytine et du spath fluor.

L'argent est présent dans le plomb à raison de 0,15 once par pour-cent de plomb.

Certains considèrent ce gisement comme synsédimentaire avec une origine diagénétique en considérant l'allure générale du gisement en conformité avec la roche dolomitique qui le contient.

Cependant, ce concept syngénétique est difficile à admettre surtout si l'on songe à l'incidence importante exercée par la faille sur les fractures, sur la teneur et l'épaisseur du gisement et aussi le contraste dans le style de la minéralisation de part et d'autre de la faille.

Une origine épigénétique hytrothermale est considérée comme la plus probable.

Les solutions minéralisantes seraient montées de la profondeur le long de certains plans qui constituaient des points faibles dans le massif et qui pouvaient exister au contact des roches du Paléozoïque inférieur et du Carbonifère.

Des roches volcaniques n'existent pas dans la région contemporaine des périodes du Carbonifère ou de l'époque hercynienne qui pourraient fournir une source d'énergie géothermique. Cependant, des roches volcaniques et plutoniques sont présentes dans l'anticlinal du Paléozoïque inférieur et des petits dykes de basalte traversent la série carbonifère indépendamment de la structure et sont considérés comme datant du Tertiaire.

Le gisement de Navan est du même style que les autres principaux gisements métallifères irlandais de la période du Carbonifère. Il s'en différencie par certains caractères tels que :

1°) Ses dimensions. Le gisement est très important; il est de loin le plus grand gisement d'Irlande.

2°) Sa situation. Il est situé de part et d'autre d'une faille inverse orientée N-E où l'on trouve du calcaire des deux côtés (calcaire en contact avec calcaire).

3°) Sa stratigraphie. Il est confiné dans un seul niveau.

4°) Sa relation étroite avec la dolomite et l'absence d'un niveau clairement défini de dolomite dans aucune des successions stratigraphiques recoupées par les sondages de reconnaissance.

53. Exploitation

Les travaux préparatoires pour la mise en valeur du gisement sont déjà très avancés. Différents accès sont prévus.

1°) Une galerie inclinée à 20 % (pente 1/5) qui se termine en surface par un portail. Cette galerie est utilisée pour la descente du personnel et du matériel. Elle permet aux grosses machines d'abattage et de chargement de circuler aisément d'un étage à l'autre et de regagner facilement la surface pour les révisions en atelier.

2°) Un puits d'extraction qui a été foré mécaniquement. On a foré un trou pilote et les aléseurs de grand diamètre montés à la base du puits ont été remontés mécaniquement vers la surface. Ce puits sera équipé de 2 skips de 20 t de capacité dont les translations, chargements et déchargements sont entièrement automatisés. La durée complète d'une course est évaluée à 1 minute.

3°) Un puits de service : il est distant de 100 m du puits d'extraction.

4°) Plusieurs puits de ventilation seront foncés dans le champ d'exploitation.

On construit actuellement en surface :

- un bâtiment pour le stockage du minerai extrait;
- une installation de broyage et de concentration;
- un bâtiment administratif et des laboratoires pour l'analyse permanente des échantillons prélevés dans les farines de forage et dans les concentrés, ainsi que pour la surveillance de l'environnement,
- des bureaux pour la surveillance des travaux souterrains et un centre de formation du personnel;
- des magasins et des ateliers;
- une installation d'épuration des eaux et un bassin de décantation;
- une installation de décantation des déchets de flottation, qui sera située à 5 km au nord de la mine.

Les travaux de reconnaissance souterrains ont été poussés d'un côté jusqu'au conglomérat et de l'autre jusqu'à la base du gisement dans les calcaires à schistes au-delà de la faille B.

Toutes ces installations sont prévues pour une production de 7500 t par jour, ce qui fournira 470.000 t de concentrés par an. Ceux-ci seront embarqués au port de Mornington près de Drogheda à l'estuaire de la rivière Boyne, car actuellement le raffinage est prévu dans des installations étrangères.

Quand la mine aura atteint sa pleine capacité, les effectifs occupés varieront entre 600 et 800 personnes.

54. Etude de l'environnement

La région où la mine est implantée est une région agricole assez riche, drainée par des rivières très poissonneuses. Avant le début de l'exploitation minière, la société Tara a entrepris un gigantesque travail d'étude de l'environnement de façon à clicher les conditions existantes et à maintenir intactes ces conditions pendant l'exploitation.

Les études ont porté sur :

- l'analyse chimique des eaux des rivières;
- la biologie du peuplement des rivières;
- l'hydrologie détaillée de la région avec l'emplacement des sources et leur débit;

- la pédologie et l'étude de la qualité des pâturages et des fourrages;
- l'état sanitaire du bétail;
- la qualité de l'air atmosphérique;
- le niveau actuel des bruits dans la région;
- le niveau des vibrations causées par le trafic actuel par exemple.

Lors de la mise en exploitation de la mine, il y aura lieu d'exercer une surveillance attentive sur toutes les activités aussi bien souterraines que de surface pour éviter la dégradation de l'environnement.

Une attention toute particulière sera attachée à la conservation du paysage et on évitera toutes modifications topographiques importantes.

On envisage d'utiliser les stériles pour remblayer les excavations souterraines et les dépôts de résidus seront réduits au strict minimum.

Les bassins de décantation de toutes les eaux de la mine ainsi que leurs digues feront l'objet d'une surveillance permanente pour éviter la pollution des rivières de la région, maintenir intactes leur faune et leur flore et protéger les droits des riverains sur tout le parcours à l'aval de la mine.

Toutes les opérations risquant de polluer l'air seront équipées d'installations efficaces de dépoussiérage et des contrôles fréquents de l'air ambiant seront exécutés dans un vaste rayon autour de la mine.

Les vibrations et les bruits causés par les opérations minières seront analysés régulièrement et des écrans d'arbres seront plantés pour dissimuler les installations et amortir les bruits.

6. KINGSCOURT MINES

61. Géologie

La mine de Drumsgoat est située au N-E de Kingscourt, à 30 km au nord de Navan. Elle est exploitée par la "Gypsum Industries Ltd".

Le gisement s'est formé au Crétacé. Il comprend deux couches.

- *La supérieure* (rouge) de 9 m d'épaisseur exploitée à une mine voisine qui produit 2000 t par semaine.
- *L'inférieure* qui a une épaisseur maximale de 25 m. C'est cette couche qui est exploitée à la mine visitée dont la production est de 1500 t par jour (soit 7500 t en 5 jours). Les ouvriers sont libres de travailler le samedi, ce qui donne un supplément de production de 500 t.

Par semaine, la production des deux mines de la Société s'élève donc à 10.000 t de gypse (2000 + 7500 + 500).

La stampe entre les deux couches varie rapidement par suite d'une intrusion de basalte. A certains endroits, ce basalte est complètement décomposé et coule comme du sable. Au début de l'exploitation, il était plus dangereux encore parce que gorgé d'eau. Actuellement, il a été asséché par les travaux. On trouve aussi des intrusions de basalte dans la couche de gypse inférieure qui en compliquent l'exploitation (fig. 34).

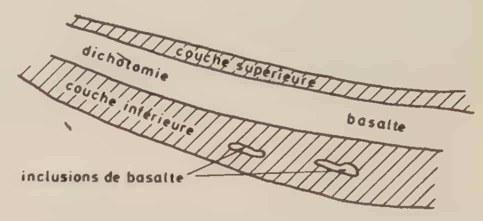


Fig. 34.
Coupe montrant la dichotomie de la couche et les intercalations de basalte.

Le gisement a été reconnu sur plusieurs dizaines de km^2 par une grande campagne de sondages. Il forme une demi-cuvette coupée suivant son grand axe par une faille qui rejette les couches en profondeur. La pente est de 20 % (1/5). Les couches s'enfoncent depuis près de la surface (20 m environ) jusqu'à 240 m de profondeur au contact de la faille (fig. 35).

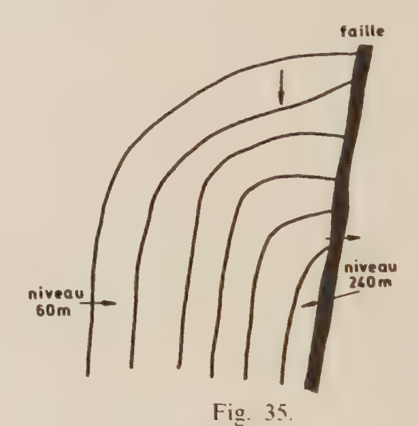


Fig. 35.
Vue en plan de l'allure du gisement et des courbes de niveau.

Au-delà de la faille, on retrouve les couches à 400 m de profondeur.

La couche inférieure contient en moyenne 80 % de gypse ($CaSO_4 + 2H_2O$) et de l'anhydrite ($CaSO_4$) en proportion très variable. L'anhydrite est très dure et est difficile à forer par foration rotative. Elle est répartie d'une façon très inégale dans la veine, parfois au milieu, parfois à la base. Les sondages de reconnaissance n'ont permis de déceler aucune règle permettant de prédéterminer les zones riches et les zones pauvres en anhydrite. Quand la proportion d'anhydrite est trop grande, la couche n'est pas exploitée.

Vis-à-vis de la clientèle, il est indispensable de fournir un produit de composition homogène. Grâce aux sondages de reconnaissance assez nombreux, on a pu établir un plan des structures et déterminer la proportion de chacun des constituants sur toute l'épaisseur de

la couche. Cependant, la distance entre les sondages est grande et il est nécessaire de connaître avant l'abattage la composition des produits à chaque front de chambres en exploitation. A cet effet, on prélève des échantillons de farine de forage à plusieurs trous de mines de chaque front et on les analyse par un procédé rapide.

Comme on dispose d'un nombre de fronts actifs suffisant, on peut déterminer la quantité de déblais à charger à chaque front pour obtenir un produit de composition homogène.

62. Exploitation

La couche inférieure qui a 25 m de puissance est exploitée par chambres et piliers. Dans la phase de développement (qui est la phase actuelle pour toute la mine), on enlève une tranche de 6 m d'épaisseur seulement. On abandonne au mur une planche de gypse de 1.80 m d'épaisseur, qui constitue une poutre solide pour éviter le soufflage du mur. De plus, les véhicules ne roulent pas sur l'argile sous-jacente, mais bien sur du gypse qui constitue une piste de qualité moyenne. La planche de gypse évite aussi tout envahissement par les eaux sous-jacentes.

Les chambres ont 9 m de largeur et les piliers abandonnés sont des carrés de 12 m × 12 m, ainsi que le montre le schéma d'exploitation (fig. 36).

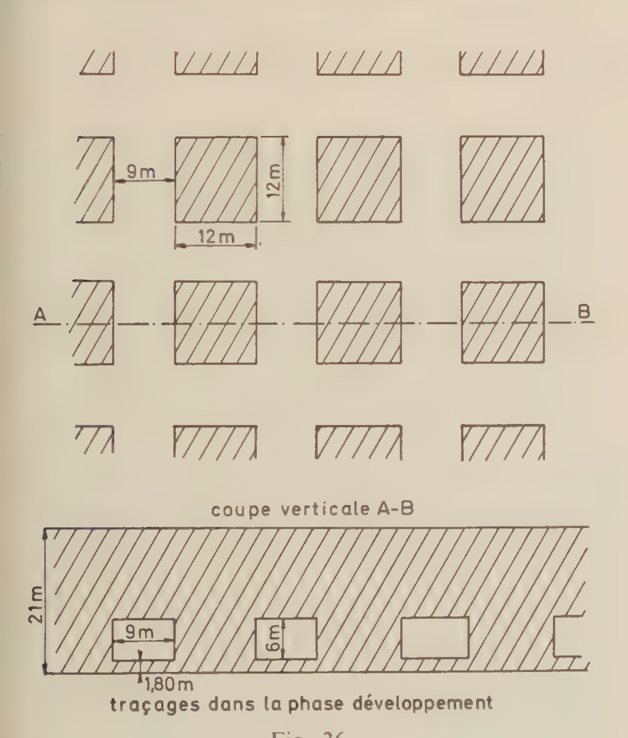


Fig. 36.
Schéma de l'exploitation par chambres et piliers dans la phase développement.

D'axe en axe, la distance entre galeries est de 21 m et le taux de défruitement est actuellement de 40 %

On envisage cependant de récupérer une partie du gisement en rabattant en enlevant une tranche supplémentaire de 10 à 12 m dans les chambres tracées lors de la première phase.

En bout de concession, on pratiquera une élévation dans la veine jusqu'à 3 m du toit, on établira un plan incliné d'accès au jumbo sur les déblais abattus et on enlèvera les déblais à l'aide d'une chargeuse télécommandée pour éviter d'envoyer du personnel dans ces très hautes chambres non soutenues (fig. 37).

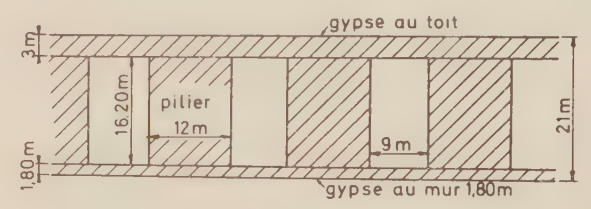


Fig. 37.
Coupe verticale montrant la reprise de la tranche supérieure de la couche lors de la phase rabattante.

La planche de 3 m d'épaisseur de gypse abandonnée au toit doit constituer une poutre suffisamment solide pour éviter tout éboulement. On espère ainsi atteindre un taux de défruitement de 65 %.

Dans certaines parties du gisement, la pente est plus forte et peut atteindre 25 % (1/4). Dans ces conditions, il n'est plus possible de descendre avec des véhicules suivant la pente. On trace une galerie oblique à la plus grande pente pour conserver une inclinaison acceptable. On trace alors de longues chambres parallèles suivant les courbes de niveau (fig. 38).

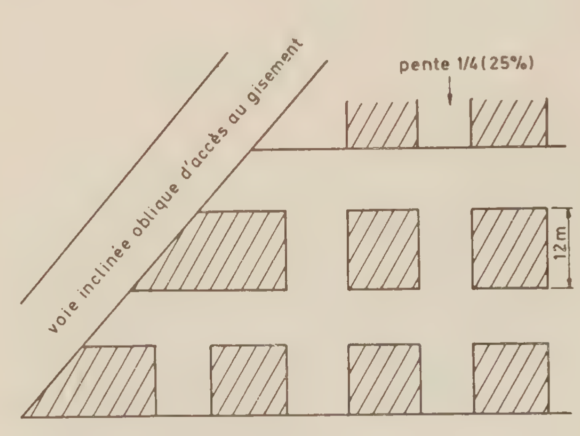


Fig. 38.
Schéma adopté pour le découpage du gisement là où la pente est supérieure à 20 %

Les recoupes entre les niveaux n'ont que 12 m de longueur (qui est l'épaisseur du pilier) et sont assez faciles à creuser. On creuse 6 m vers le bas et 6 m vers le haut à partir de deux niveaux voisins.

621. Contrôle du toit

Jusqu'à présent, on n'a pas encore pratiqué le boulonnage; cependant, on observe un manque de stabilité des parois des piliers, principalement aux points de croisement. Le gypse est déjà préfracturé, mais cette fracturation est accentuée par le tir et les risques d'éboulements sont très sérieux. Ces éboulements pourraient provoquer l'abandon d'un quartier dans la phase de développement, ce qui serait préjudiciable à la bonne marche de l'exploitation. Un boulonnage des parois et du toit à ces points litigieux serait de nature à améliorer considérablement la situation.

La présence de basalte altéré dans et au toit de la couche, principalement lorsqu'il est gorgé d'eau, a causé quelques difficultés là où la couche était moins épaisse et prise directement en une seule tranche.

622. Matériel d'exploitation

Le forage est exécuté par des jumbos à deux bras Secoma. La foration est rotative. On avance dans les chambres par passes de 2,50 m. On fore à cet effet 52 à 56 trous de mines de 42 mm de diamètre. Pour le tir, on utilise des cartouches de nitroglycérine de 36 mm. Un tel tir donne 350 t de gypse.

Le chargement des déblais est réalisé par chargeuses à benne à déversement latéral. Le transport est assuré par des camions diesel de 10 t, ouverts à l'arrière et dont le vidage est assuré par simple basculement. Un camion diesel à moteur Volvo de 25 t est à l'essai. Les produits sont déversés dans la trémie d'alimentation d'un concasseur à mâchoires situé dans la mine. Il réduit la granulométrie des produits à 100 mm.

623. Expédition et stockage

A la sortie du concasseur, les produits passent sur un crible à mailles de 50 mm. Les produits finis $<$ 50 mm sont stockés au fond dans des silos dont la contenance totale est de 3000 t. Ces produits sont utilisés principalement par les cimenteries (on mélange généralement 4 % de gypse au ciment).

Les produits dont la granulométrie est supérieure à 50 mm sont stockés en surface à l'air libre. Une bande transporteuse sort de la mine et surplombe l'aire de stockage. Un déviateur latéral mobile permet de stocker les produits sur différents tas en fonction de leur composition. En effet dans la couche de gypse, nous avons vu qu'il y avait de l'anhydrite ($CaSO_4$), mais aussi du sel (NaCl) et de l'oxyde de sodium (Na_2O).

Du fait du stockage à l'air libre, les eaux de pluie dissolvent le NaCl et hydratent l'anhydrite qui devient du gypse (utilisé pour faire du plâtre). Les bandes de stockage sont équipées d'un dispositif de pesage automatique dont les indications sont renvoyées directement au bureau du directeur de l'exploitation. Le dispositif de pesage est monté sous une batterie de rouleaux porteurs. La vitesse de la bande est mesurée en permanence par une roulette frottant sur le brin inférieur. Un intégrateur combine les deux mesures et donne directement le tonnage transporté.

624. Organisation du travail

La mine travaille 3 postes à la production, tandis que le 4e est réservé au tir sur tous les fronts des chambres.

La journée se divise de la manière suivante :

- 1er poste de 8 h à 16 h
- 2e poste de 13 h à 21 h
- 3e poste de 18 h à 2 h.

Temps réservé au tir des mines de 2 h à 8 h.

Ventilation. L'air frais descend par la galerie inclinée de pénétration dans la mine et le retour d'air se fait par des petits puits répartis dans le champ d'exploitation.

7. BORD NA MONA (TOURBE)

Une très grande partie de l'Irlande est recouverte d'immenses tourbières qui au cours des siècles ont fait l'objet d'exploitations locales, seulement pour les besoins en chauffage domestique des populations rurales.

Cette exploitation s'opérait à l'aide de bêches spéciales à deux tranchants disposés à 90°, permettant ainsi le découpage de mottes suivant deux plans perpendiculaires (fig. 39). Les mottes étaient ensuite dis-



Fig. 39.
Le découpage des mottes de tourbe par la méthode traditionnelle.

posées en meules pour former des tas bien aérés qui assuraient un séchage partiel mais déjà important du combustible. La tourbe brute contient en effet 90 à 92 % d'eau.

Cependant, devant l'importance de cette ressource minérale, le Gouvernement irlandais fonda en 1946, la société "Bord Na Mona" pour développer l'exploitation de la tourbe, ressource qui avait été négligée au cours des siècles antérieurs.

L'objectif de la Société est de mécaniser la production de la tourbe pour l'utiliser dans des centrales électriques, dans l'industrie en général, ainsi que pour le chauffage des foyers domestiques. De plus, la tourbe est largement utilisée en horticulture et pour d'autres usages et il s'est établi un marché mondial pour ce produit.

Bord Na Mona groupe 22 exploitations et ateliers dans les différentes régions d'Irlande. Elle produit annuellement environ 4 millions de tonnes de tourbe et est une des industries du pays qui occupe le plus de personnel.

Environ un tiers de la production d'électricité est fourni par des centrales chauffées à la tourbe.

Bord Na Mona exploite 130.000 acres (520 km^2) de tourbières qui, grâce aux techniques actuelles, peuvent être exploitées économiquement. La production annuelle se décompose comme suit :

– mottes découpées mécaniquement	900.000 t
– tourbe broyée	3.250.000 t
– briquettes de tourbe	345.000 t
– tourbe pour l'horticulture	1.100.000 m^3.

Le programme d'ensemble de la Société comporte un investissement global de 30 millions de livres sterling (ou 3 milliards de FB), apporté partiellement par le Gouvernement et le capital privé. Bord Na Mona fonctionne comme une société commerciale, elle ne reçoit aucun subside et ne pratique pas de tarifs protectionnistes. Dans la crise d'énergie actuelle, l'exploitation d'une ressource naturelle locale présente un grand intérêt.

71. Production de tourbe broyée

La couche de tourbe a une épaisseur variable suivant les lieux. Dans les grandes tourbières de Rochfortbridge exploitées principalement pour faire de la tourbe broyée, la couche a une épaisseur de 10 à 12 m. Pour exploiter mécaniquement une telle couche, on opère de la manière suivante.

Drainage

On divise le champ d'exploitation en bandes de 15 m de largeur par des chenaux de drainage. Ces chenaux sont découpés mécaniquement à l'aide d'une machine montée sur chenilles à l'avant et sur de très larges roues à tambours en acier à l'arrière étant donné la faible portance spécifique du sol. La machine est équipée d'un disque disposé obliquement par rapport au chenal, qui tourne rapidement et projette les déblais assez haut. Ceux-ci, généralement fins, sont éparpillés par le vent sur les bruyères qui meurent plus ou moins rapidement (fig. 40). Il faut compter environ 5 ans pour la préparation d'un nouveau champ et son assèchement. Les fossés sont nettoyés une fois par an et, pendant l'exploitation, ils sont régulièrement approfondis à mesure de l'enlèvement des tranches supérieures



Fig. 40.
Machine utilisée pour le creusement mécanique des fossés de drainage.

Désagrégation de la tourbe

On utilise pour ce faire une machine équipée de 3 tambours armés de pointes d'acier disposées en lignes sur tout le pourtour. Ces tambours arrachent environ 12 mm de tourbe à la surface de la couche. La tourbe arrachée sèche au soleil (fig. 41).



Fig. 41
Machine utilisée pour la désagrégation de la tourbe. On voit 3 machines simultanément au travail sur des bandes voisines.

Ratissage

Après quelques jours, on passe avec une machine équipée de rateaux qui remuent la fine pellicule abattue pour mieux la sécher. L'opération de ratissage se fait plusieurs fois consécutives jusqu'au moment où l'humidité de la tourbe est ramenée à 55 % (fig. 42).

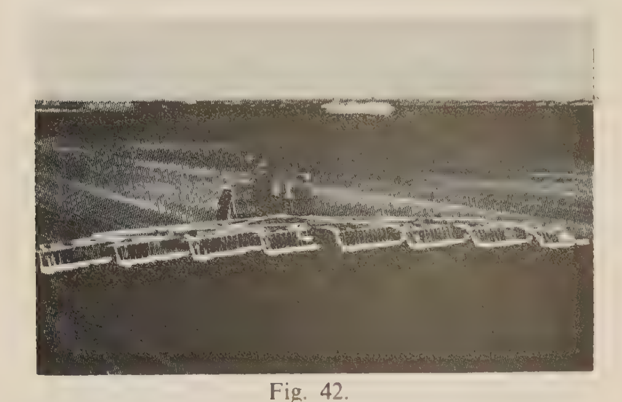


Fig. 42.
Machine utilisée pour le ratissage de la tourbe arrachée.

Ramassage

Le ramassage des produits séchés est assuré par un racleur qui traîne un V équipé d'une échancrure au centre pour constituer ainsi un tas allongé suivant l'axe de la bande. Parfois, on utilise des racleurs obliques pour constituer le tas central, mais cette machine doit alors faire deux parcours par bande (fig. 43).



Fig. 43.
Racloir utilisé pour ramener les produits séchés sur un tas central.

Les petits tas de 10 bandes sont rassemblés en un tas unique à l'aide de machines équipées de vis de chargement de diamètre croissant (fig. 44).

Protection contre les intempéries

Le gros tas central (une bande sur 10) est recouvert de feuilles de polythène imperméables qui le mettent à l'abri des intempéries (pluie abondante dans la région). On peut ainsi charger les produits en fonction des besoins de la clientèle (fabrique de briquettes, centrales électriques). En effet, l'exploitation a lieu l'été pendant 5 mois de l'année, alors que la demande est plus importante les mois d'hiver (fig. 45).



Fig. 44.
Chargeuse à vis pour le ramassage des petits tas.



Fig. 45.
Tas central recouvert de feuilles de polythène.

Chargement

Le chargement du tas est assuré par une machine équipée de deux vis latérales qui ramènent les produits vers un élévateur à godets central. Celui-ci les déverse sur un convoyeur à courroie qui débite directement dans les wagons. A cet effet, une voie ferrée provisoire légère est mise en place rapidement sur la bande de tourbe voisine de celle où l'on a constitué le tas. Les wagons ont une contenance de 3 à 7 t. La Société entretient un réseau de 110 km de voies ferrées de 0,90 m d'écartement (fig. 46), pour desservir toute la tourbière.



Fig. 46.
Machine pour la reprise du tas central et le chargement en wagons.

Par an on peut exécuter 10 à 12 cycles analogues à celui décrit ci-dessus sur toute la surface de la tourbière, ce qui correspond à un enlèvement annuel de 12 à 15 cm d'épaisseur de la couche. On voit donc que le champ ainsi préparé peut avoir une durée d'exploitation de 80 ans environ pour une couche de tourbe de 10 m d'épaisseur.

72. Fabrique de briquettes

Vidange

Le produit brut broyé est séché à l'air et au soleil et arrive à la fabrique à 55 % d'humidité. Les trains constitués de wagons de 3 à 7 t passent dans un culbuteur automatique rotatif qui fonctionne sans dételer les wagons. Les attelages des wagons sont équipés d'un émerillon et la rotation de 360° se fait autour de l'axe d'assemblage. Les rames circulent donc d'une façon continue.

Stockage

Les produits sont repris par une bande transporteuse et stockés dans une immense halle d'homogénéisation de la tourbe brute. Les produits sont déversés sur le tas en couches horizontales à l'aide d'un convoyeur à bande dont le distributeur parcourt la halle dans un continuel mouvement de va-et-vient. La reprise se fait par tranches verticales à l'aide d'une machine équipée de bras mélangeurs et d'une vis de chargement à la base.

Criblage

En pénétrant dans la fabrique proprement dite, la tourbe brute passe sur un crible qui enlève les particules grossières et fibreuses. Le refus du crible sert à l'alimentation d'une chaudière dont la vapeur est utilisée au séchage des produits.

Séchage

Le séchage comporte deux stades :

1°) Séchage par eau chaude à 65°.

Dans les deux premiers sécheurs, la tourbe est élevée par de l'air aspiré à l'extérieur du bâtiment par un ventilateur. Ces deux sécheurs sont équipés de tubes parcourus par de l'eau chaude à 65°. L'air chargé de l'humidité dégagée partiellement de la tourbe passe dans un cyclone avant d'être rejeté à l'atmosphère.

2°) Séchage à la vapeur à 142°.

Dans les trois appareils suivants, la tourbe est réintroduite à la base des sécheurs équipés de tubes où passe la vapeur à 142°. La vapeur d'eau qui se dégage de la tourbe est suffisante pour assurer l'ascension des produits dans le sécheur. Dans ce sécheur, il n'y a donc aucun contact avec l'air. La vapeur qui se dégage de la tourbe chauffe l'eau utilisée dans les deux premiers sécheurs (eau à 65°).

La chaudière peut donner 20 t de vapeur à l'heure. A la sortie des sécheurs, la tourbe ne contient plus que 10 % d'humidité. Cette teneur est à surveiller très attentivement, car le briquetage ne se fait correctement que si la teneur en eau est strictement respectée (il ne faut pas sécher à 8 % ou à 12 % d'humidité, mais à 10 % très exactement).

Pressage

Le pressage se fait à l'aide de solides presses à piston. Le piston pousse la matière dans un moule ouvert de forme légèrement conique. La pression est de l'ordre de 800 kg/cm² et la contrepression est assurée par toute la file de briquettes en refroidissement sur chacune des lignes.

A la sortie de la presse, la température est très élevée. On constate une véritable combustion de la partie supérieure de la briquette, ce qui lui donne son brillant. Elles sont refroidies à 200°.

Empaquetage

Les briquettes peuvent être directement chargées en camions ou empaquetées. L'empaquetage est entièrement mécanisé et les feuillards d'assemblage des paquets sont très avantageusement remplacés par des bandes en plastique tendues et soudées instantanément par fusion locale. Un paquet pèse 14 kg (fig. 47).



Fig. 47.
Paquet de briquettes de tourbe prêt à l'expédition.

Le produit est très propre. La teneur en cendres n'est que de 1,5 à 1,8 %. Le pouvoir calorifique des briquettes est intéressant; il vaut ⅔ de celui du charbon vapeur (soit 8000 BTU par livre contre 12.000 pour le charbon vapeur).

La fabrique visitée de Croghan a une production annuelle de 140.000 t.

73. Production de tourbe en mottes

On utilise encore la tourbe en mottes dans certains foyers domestiques et dans des chaudières.

Pour réaliser une exploitation mécanique de la tourbe en mottes, les Irlandais ont conçu des machines qui creusent des sillons à la surface des tourbières et rassemblent la matière dans des moules de 20 à 25 cm de largeur et de plusieurs dizaines de mètres de longueur. Cette bande est fendue en longueur et découpée par une multitude de disques, en blocs qui ont exactement la dimension d'une motte (fig. 48).

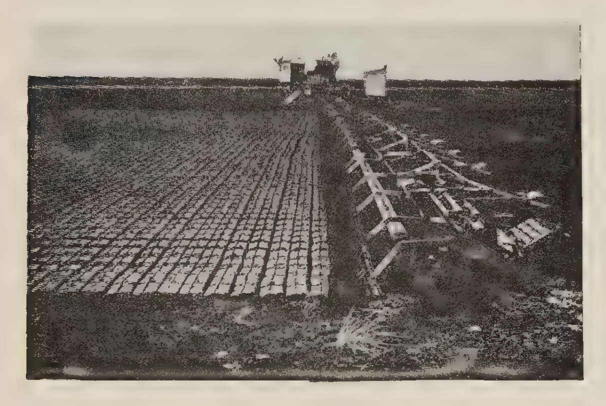


Fig. 48.
Machine pour la fabrication mécanique et le découpage des mottes à la surface d'une tourbière.

Une machine équipée d'un couteau horizontal parcourt la tourbière et découpe les mottes à la base. Celles-ci sèchent au soleil et, pour accélérer le séchage, les mottes sont remuées régulièrement (fig. 49).

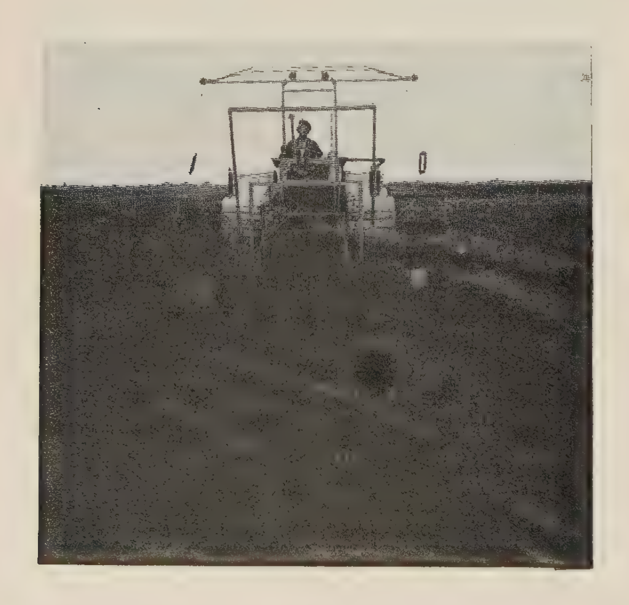


Fig. 49
Machine pour remuer les mottes.

Une machine de ce type peut préparer 20.000 t de mottes en une seule saison de 4 mois. Au moment du pressage, la machine incorpore à la tourbe un produit qui augmente ses qualités en tant que combustible. Grâce à cela, ses propriétés sont ainsi uniformisées dans d'étroites limites. Toute l'épaisseur d'une tourbière ne convient pas pour ce genre de combustible. On choisit de préférence des couches de sphaignes. Quand les mottes sont séchées et que la teneur en eau est ramenée à 30 %, celles-ci sont ramassées et chargées en wagons (fig. 50). Leur pouvoir calorifique est de 6200 BTU par livre (contre 12.000 pour le charbon vapeur).



Fig. 50.
Machine pour ramasser les mottes.

74. Production de mousse de tourbe pour l'horticulture

La mousse de tourbe vient généralement de la mince couche supérieure d'une tourbière. Il s'agit d'une tourbe légère, fibreuse et constituée en majeure partie de sphaignes. Elle a pour caractéristique principale de pouvoir absorber l'eau dans la proportion de 7 à 10 fois son poids. Elle est très appréciée pour le conditionnement des sols en agriculture et en horticulture, mais il est indispensable d'exploiter dans ce but des tourbières dont le produit brut conserve une qualité constante. Elle est exportée dans toutes les parties du monde pour environ 80 % de la production annuelle.

La tourbe arrachée mécaniquement est aussi séchée à l'air et au soleil jusqu'à ne plus contenir que 40 % d'humidité, puis est broyée, tamisée et triée.

On produit 3 qualités :

- la plus grenue est employée dans les poulaillers et pour alléger les sols argileux lourds;
- la qualité moyenne pour la culture des champignons;
- la fine qualité pour les jardins et les pelouses.

La tourbe est comprimée et emballée dans de solides sacs en polythène (fig. 51).

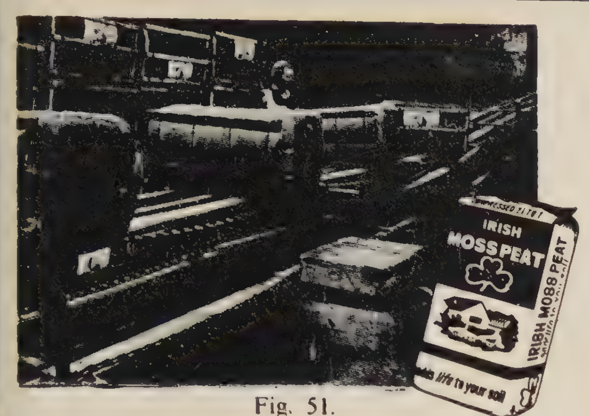


Fig. 51.
Balles de mousse de tourbe légère pour l'exportation.

75. Remise en culture des sols

Les tourbières exploitées seront rendues à l'agriculture, mais les surfaces récupérées et reconditionnées seront beaucoup plus fertiles que les sols anciens. Des essais sont entrepris dès maintenant dans une petite tourbière exploitée, mais ce n'est que vers 1980 que de grandes surfaces redeviendront disponibles.

A la base de l'exploitation, on abandonnera entre 0,50 m et 4,50 m de tourbe pour maintenir une surface horizontale et éviter des poches. On récupérera la couche supérieure d'une nouvelle tourbière pour l'épandre sur une zone exploitée. On aura ainsi un mélange de tourbe jeune et de tourbe décomposée très ancienne. On y ajoutera des fertilisants. Des recherches intenses sont en cours actuellement pour reboiser les zones exploitées ou pour y cultiver des légumes ou pour les reconvertir en pâturages.

La Société a également construit 8 nouveaux villages pour le personnel non loin des exploitations. Les maisons sont coquettes et bien équipées. Elles sont généralement situées dans un parc comportant de vastes pelouses et à l'abri du trafic. Les enfants peuvent s'y ébattre en toute sécurité. Les pelouses sont entretenues par la Société.

8. CONCLUSIONS

Au point de vue technique, les visites de ces exploitations minières permettent de tirer un certain nombre de conclusions pratiques.

1) Les prospections géochimiques se sont révélées très efficaces et très prometteuses. Il faut cependant signaler que la majeure partie du centre de l'Irlande est peu peuplée et que la pollution des sols et des rivières par l'homme n'a pas altéré les niveaux de fond naturels, si bien que les anomalies géochimiques décelées par l'analyse des échantillons de sols sont généralement révélatrices de la présence d'un gisement souterrain.

Ces prospections géochimiques ont été complétées par des prospections géophysiques et les résultats ont ensuite été confirmés par des campagnes de sondages carottés plus ou moins denses.

2) L'accès aux travaux souterrains par une galerie inclinée (15 à 20 %) et de grande section se généralise de plus en plus. Cet accès permet un transport aisé et rapide du personnel en minibus ou en jeeps depuis la surface jusqu'à proximité du front de travail. Il permet la mise en oeuvre d'engins puissants dans les chantiers et leur passage rapide d'un sous-niveau à l'autre sans démontage. Les réparations et les révisions importantes peuvent se faire dans des ateliers de surface bien aménagés et bien équipés pour ce genre de travail.

3) Le creusement des puits d'extraction et de service, ainsi que celui des cheminées pour l'amorçage des chambres de grande hauteur (slot raise), sont de plus en plus réalisés mécaniquement à l'aide de machines types Robbins, Dresser et Wirth. Les avancements obtenus sont spectaculaires et, dans un cas, on a ainsi creusé 350 m de puits en deux mois.

Les cheminées de grande hauteur pour l'évacuation des produits des sous-niveaux vers l'étage de roulage principal sont aussi creusées à l'aide de la plate-forme autogrimpante Alimak.

4) L'extraction des produits bruts se fait dans des skips de 10 à 20 t de capacité dont les manoeuvres sont automatisées. Les produits ont subi un concassage primaire au fond pour éviter tout engorgement dans les trémies.

Quand il n'existe pas de galerie inclinée pour accéder aisément avec les gros engins d'abattage, de chargement et de transport dans les travaux du fond, un des puits est équipé d'une cage de grande section équilibrée par un contrepoids. Cette façon de procéder permet de descendre les machines en de grands ensembles dont l'assemblage se fait aisément dans un atelier souterrain proche du puits.

5) L'emploi des véhicules L.H.D. (Load, Haul and Dump), c'est-à-dire des chargeurs transporteurs à benne frontale, se généralise dans les mines métalliques. Les distances à parcourir dans les sous-niveaux entre les points de chargement et de culbutage des produits sont en général courtes, ce qui est tout à fait favorable à l'utilisation de ces véhicules.

Ils sont aussi particulièrement bien adaptés à la technique du soutirage sous toutes ses formes, car on peut laisser les produits s'écouler jusqu'au niveau du sol à la base des entonnoirs et venir les charger sans aucun risque pour le personnel. Il n'est donc plus nécessaire d'installer des trémies

avec les détériorations possibles en cas d'ancrage par de gros blocs.

6) Lors du creusement des traçages et lors du forage des éventails de trous pour les tirs d'abattage, des échantillons de farines de forage sont prélevés et analysés pour connaître d'une façon plus précise la qualité des massifs avant leur abattage. On peut ainsi d'avance doser la production des différents chantiers pour maintenir un produit de composition homogène.

7) La méthode d'exploitation par grandes chambres vides abattues par sous-niveaux et soutirage à la base se développe également partout où la nature des roches permet la tenue de grandes excavations sans soutènement.

La reprise des piliers entre les chambres peut se faire d'une façon systématique à condition de remblayer les chambres. Celles-ci sont en général remblayées hydrauliquement en utilisant les déchets des installations de flottation.

Le remblayage intégral des très grandes chambres est aussi à conseiller quand le corps minéralisé se prolonge en profondeur et que l'exploitation se poursuivra à des niveaux sous-jacents. Il est dangereux d'abandonner d'énormes vides non contrôlés quand plusieurs années après on risque de remettre le massif en mouvement par des travaux sous-jacents.

8) Dans la crise actuelle de l'approvisionnement en énergie, l'exploitation systématique et mécanisée des grandes tourbières qui couvrent le sol des plaines centrales de l'Irlande présente un intérêt certain. Les machines conçues et mises en oeuvre pour l'exploitation de ces grands gisements sont un modèle du genre et doivent être connues des bureaux d'études qui auraient à mettre en exploitation des gisements analogues.

L'Irlande qui fut naguère un pays de mines métalliques principalement au 19e siècle, retrouve actuellement une nouvelle jeunesse.

La plupart des gisements métallifères exploités sont situés dans le calcaire carbonifère au contact du Paléozoïque inférieur et principalement dans les sous-étages du Tournaisien et du Viséen, niveaux stratigraphiques bien connus en Belgique puisque leur nom est issu de localités belges où ces formations affleurent.

En Belgique, l'exploitation des mines métalliques principalement en plomb et en zinc était aussi prospère à cette époque et les gisements exploités étaient généralement situés dans les mêmes assises à Engis, La Calamine, Plombières et bien d'autres localités encore.

Toutes ces mines, comme celles d'Irlande d'ailleurs, ont été fermées au début du 20e siècle parce qu'épuisées et non rentables. L'Union Minière, la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne et la Compagnie Asturienne des Mines s'intéressent à une nouvelle campagne de prospection en Belgique et il faut espérer que les moyens modernes de prospection permettront de découvrir de nouvelles richesses encore insoupçonnées de nos jours. Monsieur BARTHOLOME, professeur de géologie appliquée à l'Université de Liège, participe à ces travaux de reconnaissance.

L'exemple de l'Irlande est prometteur à ce point de vue et il faut espérer que des résultats positifs viendront couronner de succès les recherches entreprises dans le sous-sol de la Belgique.

Nous tenons à remercier très cordialement toutes les sociétés minières qui ont accepté de nous recevoir. Nous leur exprimons toute notre gratitude pour leur chaleureux accueil, ainsi que pour les explications qu'elles nous ont si aimablement fournies sur la géologie des gisements et les techniques d'exploitation.

Journée des carriers

Journée d'information organisée par l'Institut National des Industries Extractives à Liège, le 10 décembre 1974

- Les outils autoaffûtants au service du havage des roches dures.
  J. BRYCH.
- La désulfuration des fumées par la chaux.
  P. DUMONT.
- Quelques exemples d'utilisation des polymères en relation avec l'industrie des carrières.
  C. MICHAUX.
- Etude sur les slurries.
  C. BOUTRY.
- Utilisation de l'endoscope pour l'examen des trous de sonde.
  H. van DUYSE.
- Utilisation des brise-roches dans les carrières.
  H. van DUYSE.

Dag van de groeve-ontginners

Informatiedag georganiseerd door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven te Luik op 10 december 1974

- Zelfslijpende werktuigen voor het ondersnijden van harde gesteenten.
  J. BRYCH.
- De ontzwaveling van rook door middel van kalk.
  P. DUMONT.
- Enkele voorbeelden van het gebruik van polymeren in verband met de groeve-industrie.
  C. MICHAUX.
- Studie over de slurries.
  C. BOUTRY.
- Gebruik van de endoscoop voor het onderzoek van diepboorgaten.
  H. van DUYSE.
- Gebruik van gesteentebrekers in de groeven.
  H. van DUYSE.

Les outils autoaffûtants au service du havage des roches dures

Zelfslijpende werktuigen voor het ondersnijden van harde gesteenten

Joseph BRYCH

RESUME

Les outils autoaffûtants sont les outils de coupe permettant de travailler dans des conditions de pression plus ou moins constante sur le contact outil-roche pendant toute la durée de leur vie.

Les outils autoaffûtants à lames étaient testés dans des conditions in situ sur la chaîne de 1,60 m de la haveuse Perrier. Les outils diamantés et ceux à molettes n'ont pas dépassé jusqu'à présent le stade des recherches de laboratoire.

On détermine la vitesse mécanique et commerciale de havage et le temps rationnel et économique de remplacement des pics.

Les pics-molettes utilisables sur les machines à découper les roches pourraient trouver l'utilisation avantageuse surtout dans le cas des roches résistantes et fragiles.

SAMENVATTING

Zelfslijpende werktuigen zijn snijtuigen waarmee men, bij min of meer constante druk op het contact werktuig-gesteente, kan werken tijdens hun ganse levensduur.

De zelfslijpende werktuigen met lemmer werden getest in situ op de 1,60 m lange ketting van de ondersnijmachine Perrier. De diamantwerktuigen en deze met kabelschijven zijn momenteel nog niet buiten het stadium van de labonderzoekingen geraakt.

Men bepaalt de mechanische en commerciële ondersnijsnelheid en de rationele en economische tijd voor het vervangen van de beitels.

De beitels-kabelschijven die op de machines voor het snijden van gesteenten kunnen worden gebruikt, kunnen voordelig worden aangewend vooral in het geval van gesteenten met sterke weerstand of van breekbare gesteenten.

ZUSAMMENFASSUNG

Selbstschärfende Werkzeuge sind Schneidewerkzeuge, mit denen man unter mehr oder weniger gleichbleibenden Druckbedingungen beim Werkzeug/Stein-Kontakt während ihrer gesamten Lebenszeit arbeiten kann.

Selbstschärfende Klingenwerkzeuge wurden unter Arbeitsbedingungen an Ort und Stelle an der 1,60 m langen Kette der Perrier-Schrämmaschine geprüft. Diamantenbestücke und Rändelwerkzeuge haben bis jetzt den Rahmen der Laborforschung noch nicht überschritten.

Ermittelt wird die maschinelle und kommerzielle Schrämgeschwindigkeit sowie der rationelle und wirtschaftliche Zeitbedarf für den Austausch der Schrämmeissel.

Die auf steinschneidenden Maschinen verwendbaren Rändelschrämmeissel könnten speziell bei festem und sprödem Gestein vorteilhaft eingesetzt werden

SUMMARY

Self-sharpening tools are cutting tools which make it possible to work in conditions of relatively constant pressure at the contact point between the rock and the tools for the entire working life of the tools.

Self-sharpening blade tools were tested in actual conditions on the 1.60 metre chain on the Perrier cutter. Diamond-faced and roller-bit tools of this type have not yet gone beyond the laboratory research stage

The mechanical and economic speed of cutting, and the best technical and economic replacement times for the picks have been determined.

The roller-bit tools which can be fitted to rock-cutting machines could be used with advantage, especially for working strong and friable rocks.

---

* Ingénieur civil des Mines et Ingénieur-Docteur, chargé de cours à la Faculté Polytechnique de Mons, 9, rue de Houdain, 7000 - Mons.

Pendant les deux dernières années, nos informations sur le découpage des roches au moyen des haveuses ont pu évoluer considérablement grâce aux travaux de recherches qui ont été subsidiés par l'INIEX, grâce à la collaboration fructueuse entre notre laboratoire**, le département technique des carrières Gauthier-Wincqz à Soignies et les services de MM. Boxho et Chandelle de l'INIEX.

Nous avons évoqué la possibilité d'équiper les chaînes des haveuses, travaillant dans les roches dures, d'outils autoaffûtants, déjà au cours des journées des carriers précédentes. Nous allons expliquer aujourd'hui ce qu'est un outil autoaffûtant et nous présenterons ensuite les résultats de notre étude accompagnés des conclusions importantes concernant le sciage des calcaires et des prévisions sur l'évolution future possible dans ce domaine.

Les outils autoaffûtants, d'après notre terminologie, sont les outils de coupe qui permettent de travailler dans des conditions de pression plus ou moins constante sur le contact outil-roche pendant toute la durée de vie de cet outil, qui est normalement brasé ou autrement fixé sur les maillons d'une chaîne.

Nous avons pu, sans aucun doute, tous déjà observer dans la vie pratique les phénomènes démontrés sur la figure 1, où un outil de coupe de construction classique

Tijdens de laatste twee jaar hebben onze informaties over het doorsnijden van gesteenten door middel van ondersnijmachines zich aanzienlijk kunnen ontwikkelen dank zij de researchwerkzaamheden die door het NIEB werden gesubsidieerd en dank zij de vruchtbare samenwerking tussen ons laboratorium**, de technische afdeling van de groeven Gauthier-Wincqz in Soignies en de diensten van de Heren Boxho en Chandelle van het NIEB.

Reeds tijdens de vorige dagen van de groefontginners hebben wij de mogelijkheid vermeld om de kettingen van de ondersnijmachines die in harde gesteenten werken met zelfslijpende werktuigen uit te rusten. Wij gaan nu uitleggen wat een zelfslijpend werktuig is en daarna zullen wij de resultaten van onze studie voorstellen samen met de belangrijke besluiten betreffende het zagen van kalksteen en de vooruitzichten op de mogelijke verdere ontwikkeling op dit vlak.

Zelfslijpende werktuigen zijn in onze terminologie snijtuigen waarmee men bij min of meer constante druk op het contact werktuig-gesteente, kan werken tijdens de levensduur van dit werktuig dat normaal gezien op de schakels van een ketting werd gelassoldeerd of op een andere manier werd vastgehecht.

Wij hebben ongetwijfeld allen reeds in de praktijk de fenomenen kunnen waarnemen die op figuur 1

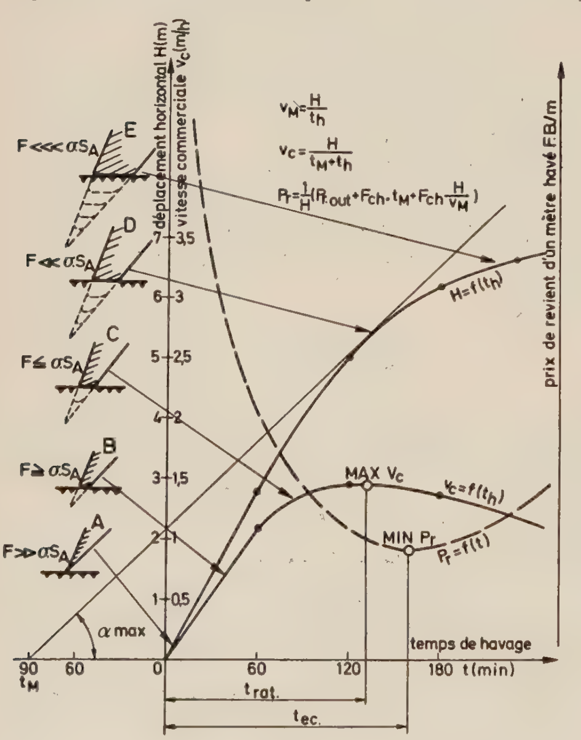


Fig. 1
Déplacement horizontal H(m) : horizontale verplaatsing
Vitesse commerciale V_c (m/h) : commerciële snelheid
Prix de revient d'un mètre havé : kostprijs van een ondersneden meter BF/m
Temps de havage : ondersnijtijd.

** Ont participé aussi aux expériences de laboratoire et aux travaux d'interprétation des résultats de cette recherche : Mme SCHMITT A., Melle MOISET F. et MM. CIZA V., GONSETTE B., HUART P., LECOMTE J.M., RORIVE A., THYRION Y., VAN DYCK Ph., étudiants de la 4e année section Mines de la F.P.Ms.

** Hebben eveneens deelgenomen aan de proefnemingen en aan het verklaren van de resultaten van deze opzoekingen : Mevr. SCHMITT A., Mej. MOISET F. en de Heren CIZA V., GONSETTE B., HUART P., LECOMTE J.M., RORIVE A., THYRION Y., VAN DYCK Ph., studenten van het vierde jaar afdeling Mijnen van de F.P.Ms.

– bien affûté au départ (position A) – commence à pénétrer dans un matériau rocheux – si la pression sur l'outil, sa vitesse de déplacement et le débit du fluide de nettoyage étaient maintenus constants. Nous observons à ce moment que le tranchant de cet outil bien affûté, pénètre très bien dans les matériaux rocheux grâce au rapport avantageux entre la force appliquée sur l'outil (F) et le produit de résistance au poinçonnage (σ_p) et de la surface active de l'outil en question (S_A).

Cette situation idéale se détériore assez rapidement par la suite. D'après nos observations au laboratoire et au chantier, il résulte que cette forme idéale d'un outil bien affûté disparaît assez rapidement et cela après 3 à 5 minutes de travail. A partir de ce moment le tranchant initial (fig. 1 - position A) étant usé, l'outil prendra une forme plus ou moins arrondie (fig. 1 - B). Cette forme peut être très bien observée au microscope par exemple, où l'épaisseur du tranchant légèrement arrondi peut être de 0,20 à 0,25 mm. Si les propriétés mécaniques du matériau rocheux étaient toujours les mêmes et si la machine de découpage maintenait les paramètres technologiques (c'est-à-dire la poussée, la vitesse de rotation et le débit du fluide de nettoyage) rigoureusement constants, les propriétés abrasives de la roche vis-à-vis du matériau des pics seraient à l'origine de l'usure continuelle de ces derniers. Le rapport entre la poussée sur l'outil (F), sa surface active (S_A) et la résistance de la roche (σ_p) évolue en continu avec l'augmentation de l'usure des pics. La courbe $H = f(t)$ de la figure 1 démontre que les accroissements du métrage réalisé diminuent sans cesse et si, à ce moment, la poussée sur l'outil n'augmente pas pour améliorer le rapport entre F, σ et S_A, la courbe $H = f(t)$ aura une tendance à rejoindre son asymptote.

Là où sur la figure 1 se trouve la position (E), l'avancement n'est plus possible sans augmenter considérablement la poussée sur l'outil – si, bien sûr, la construction de la machine en question le permet. Cette dernière situation peut être exprimée par l'inégalité suivante :

$$F \lll \sigma_p \cdot S_A$$

où F = poussée sur l'outil
σ_p = résistance de la roche
S_A = surface active de l'outil.

Introduisons encore les termes suivants, c'est-à-dire vitesse mécanique de découpage donnée par la formule :

$$v_M = H/t_h$$

où H = métrage réalisé
t_h = temps de havage

worden aangetoond ; een snijwertuig van klassieke bouw – goed geslepen bij het begin (stand A) – begint in een rotsachtig materiaal door te dringen – indien de druk op het werktuig, de verplaatsingssnelheid en het debiet van de reinigingsvloeistof constant worden gehouden. Op dat ogenblik stellen wij vast dat de snijkant van dit goed geslepen werktuig goed in het rotsachtig materiaal dringt dank zij de gunstige verhouding tussen de toegepaste kracht op het werktuig (F) en het product van de indringingsweerstand (σ) en de actieve oppervlakte van het werktuig in kwestie (S_A).

Deze situatie verslechtert daarna echter zeer snel Volgens onze waarnemingen in het laboratorium en in de werkplaats blijkt dat deze ideale vorm van een goed geslepen werktuig zeer snel verdwijnt en dit reeds na 3 à 5 minuten werking. Vanaf dat ogenblik neemt het werktuig een min of meer afgeronde vorm aan (fig. 1 - B) daar de oorspronkelijke snijkant afgesleten is (fig. 1 - stand A). Deze vorm kan heel goed, met een microscoop bijvoorbeeld, worden waargenomen en de dikte van de lichtjes afgeronde snijkant kan 0,20 tot 0,25 mm bedragen. Indien de mechanische eigenschappen van het rotsachtig materiaal steeds dezelfde waren en indien de snijmachine de technologische parameters (d.w.z. de duwkracht, de rotatiesnelheid en het debiet van de reinigingsvloeistof) erg constant hield, zouden de schuureigenschappen van het gesteente t.o.v. het beitelmateriaal de voortdurende slijtage van deze laatste veroorzaken. De verhouding tussen de duwkracht op het werktuig (F), zijn actieve oppervlakte (S_A) en de gesteenteweerstand (σ_p) evolueert continu met de toename van de slijtage van de beitels. De kurve $H = f(t)$ van figuur 1 toont aan dat de toename van de uitgevoerde opmeting voortdurend vermindert en dat, indien op dat ogenblik de duwkracht op het werktuig niet verhoogt om de verhouding tussen F, σ en S_A te verbeteren, de kurve $H = f(t)$ geneigd zal zijn samen te vallen met haar asymptoot.

Bij de stand (E) van figuur 1 is er geen vooruitgang meer mogelijk zonder de duwkracht op het werktuig aanzienlijk te verhogen – indien natuurlijk de bouw van de machine het toelaat. Deze laatste situatie kan worden uitgedrukt door de volgende ongelijkheid :

$$F \lll \sigma_p \cdot S_A$$

met F = duwkracht op het werktuig
σ_p = gesteenteweerstand
S_A = actieve oppervlakte van het werktuig

Voeren wij hier nog de volgende termen in, d.w.z. mechanische snijsnelheid die gegeven wordt door de formule :

$$v_M = \frac{H}{t_h}$$

met H = uitgevoerde opmeting
t_h = ondersnijtijd

et la vitesse commerciale de découpage, exprimée par la formule suivante :

$$v_c = \frac{H}{t_h + t_m}$$

où t_m = temps des manipulations non productives (remplacement de la chaîne, réaffûtage,... etc.).

Si l'on exprime la vitesse commerciale en fonction du temps de havage, on arrive à une représentation graphique démontrée sur la figure 1 [courbe $v_c = f(t)$].

On remarque que la courbe $v_c = f(t)$ présente un maximum, indiquant la vitesse commerciale maximum atteinte. Il est évident que, si l'on utilise les outils du type classique non autoaffûtant, le maximum de la vitesse commerciale de havage devrait servir comme l'indicateur de la fin de travaux de havage. C'est à proximité du point $v_{c_{max}}$ (fig. 1) que les pics apparemment partiellement usés, devraient être réaffûtés. Dans ces conditions de travail, le mécanisme de la machine souffrirait le moins possible.

Si en plus on effectue encore un autre test, économique, étudiant les variations du prix de revient d'un mètre havé en fonction du temps de havage, on arrive à la représentation graphique représentée à la figure 1 [courbe $P_r = f(t)$]. Après avoir observé déjà des centaines d'outils de coupe de cette manière dans les carrières, aux chantiers de forage et au laboratoire, on constate que le maximum de la vitesse commerciale correspond presque toujours au minimum du prix de revient et on peut donc considérer ces deux limites comme indications très importantes à observer pour ne pas fatiguer les machines et les chaînes, d'une part, et pour pouvoir rester dans des limites économiques acceptables, d'autre part.

De cette expérience effectuée avec les outils de coupe classiques résulte qu'il y a des limites à surveiller entre deux réaffûtages. Ces limites peuvent être matérialisées par le (t_{rat}), d'une part, et par le (t_{ec}), d'autre part. Il résulte aussi de la figure 1 que le seul moyen qui nous reste pour prolonger la vie d'un outil de coupe, c'est le maintien de sa surface active, acceptable pour l'ensemble des conditions techniques et technologiques correspondant plus ou moins à la situation (B) à (C) de la figure 1. Si à ce moment, la surface active pouvait être maintenue constante, le maximum de la vitesse commerciale se déplacerait vers la droite avec le minimum du prix de revient d'un mètre havé.

La figure 2 comporte les schémas de plusieurs cycles de travail d'une haveuse. La courbe (A) décrit schématiquement le travail d'une haveuse, équipée d'une chaîne, où les outils classiques tels qu'ils ont été décrits sur la figure précédente, sont brasés sur les maillons de ladite chaîne. Nous remarquons qu'un certain nombre de travaux que l'on pourrait considérer constants et

en de commerciële snijsnelheid, uitgedrukt door de volgende formule :

$$v_c = \frac{H}{t_h + t_m}$$

met t_m = tijd van de niet-productieve handelingen (vervangen van de ketting, herslijpen, ... enz).

Indien men de commerciële snelheid uitdrukt in functie van de ondersnijtijd, bekomt men een grafische voorstelling die voorkomt op figuur 1 [kurve $v_c = f(t)$].

Men merkt op dat de kurve $v_c = f(t)$ een maximum vertoont dat de maximum bereikte commerciële snelheid aangeeft. Het spreekt vanzelf dat, indien men de klassieke niet-zelfslijpende werktuigen gebruikt, de maximum commerciële ondersnijsnelheid als aanduiding zou moeten dienen voor het einde van de ondersnijwerkzaamheden. In de nabijheid van het punt $v_{c_{max}}$ (fig. 1) zouden de blijkbaar gedeeltelijk afgesleten beitels moeten worden nageslepen. In deze werkomstandigheden zou het mechanisme van de machine het minst te lijden hebben.

Indien men bovendien een andere, economische, test uitvoert over de kostprijsschommelingen van een ondersneden meter in functie van de ondersnijtijd, bekomt men de grafische voorstelling die voorkomt op figuur 1 [kurve $P_r = f(t)$]. Na reeds honderden snijwerktuigen op deze wijze te hebben bestudeerd in de groeven, in de boorwerkplaatsen en in het laboratorium stelt men vast dat het maximum van de commerciële snelheid bijna altijd overeenstemt met het minimum van de kostprijs en men kan de twee grenzen dus als aanduidingen beschouwen die in acht moeten worden genomen om enerzijds de machines en de kettingen niet te vermoeien en om anderzijds binnen de economisch aanvaardbare grenzen te kunnen blijven.

Uit deze proefneming met klassieke snijwerktuigen blijkt dus dat tussen twee herslijpingen bepaalde grenzen moeten worden in acht genomen. Deze grenzen kunnen worden voorgesteld door de (t_{rat}) enerzijds, en door de (t_{ec}) anderzijds. Uit figuur 1 blijkt ook dat het enige middel om het leven van een snijwerktuig te verlengen het behoud van de actieve oppervlakte is, wat aanvaardbaar is voor het geheel der technische en technologische omstandigheden die min of meer overeenstemmen met de situatie (B) tot (C) van figuur 1. Indien op dat ogenblik de actieve oppervlakte constant kan worden gehouden, zou het maximum van de commerciële snelheid zich naar rechts verplaatsen met het minimum van de kostprijs voor een ondersneden meter.

Figuur 2 omvat de schema's van verschillende werkcyclussen van een ondersnijmachine. De kurve (A) beschrijft schematisch het werk van een ondersnijmachine die voorzien is van een ketting en waarvan de klassieke werktuigen zoals die beschreven werden in

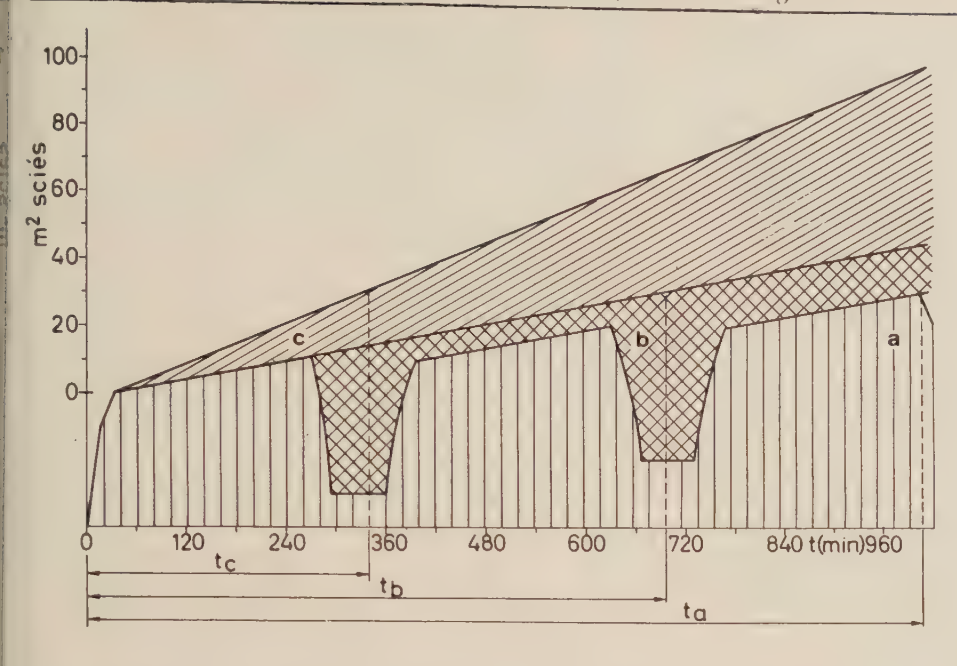


Fig. 2
a. Système classique (outils non-autoaffûtants)
b. Système envisagé (outils autoaffûtants à lames ou à molettes)
c. Autre système nouveau

a. Klassiek systeem (niet-zelfslijpende werktuigen)
b Gepland systeem (zelfslijpende werktuigen met lemmer of kabelschijven)
c. Ander nieuw systeem
m^2 sciés : m^2 gezaagd

concernant la préparation du matériel, le montage de la chaîne, la descente et la remontée de la saignée se passent avant de pouvoir procéder au havage. Considérant ici dans notre schéma comparatif que les accidents de parcours sont nuls, après avoir découpé un certain nombre de mètres carrés, la chaîne doit être remontée à la surface, démontée du bras, les outils doivent être réaffûtés et ainsi de suite. Dans la plupart des carrières, on procède de cette façon. Il y a bien sûr une autre possibilité à envisager, c'est-à-dire d'avoir plusieurs chaînes prêtes à l'utilisation, bien numérotées et de les remplacer systématiquement au chantier sans attendre le réaffûtage de la chaîne usée. Cette solution pourrait déjà représenter un certain gain de temps dans la zone non productive.

La courbe (B) de la figure 2 représente schématiquement l'utilisation des outils autoaffûtants. Bien que nous n'ayons pas encore atteint ce niveau d'efficacité en réalité, au point de vue théorique l'outil autoaffûtant devrait nous permettre de prolonger le temps actif de havage de 3 à 4 fois par rapport aux outils classiques. Il faut donc considérer la courbe (B) comme notre objectif. Vous verrez plus loin que cet objectif pourrait être atteint par deux sortes d'outils autoaffûtants de constructions différentes et cela, en relation avec l'échelle de destructibilité des roches.

Cette deuxième solution, représentée par la courbe (B) (fig. 2), serait largement avantageuse déjà si le prix des outils autoaffûtants était au même niveau que dans le cas des outils classiques, et si la vitesse de havage était exactement la même que celle des outils classiques.

Nous constatons, sur la base des offres qui nous sont parvenues, que le prix d'achat des outils autoaffûtants pourrait être environ la moitié du prix d'achat des outils classiques, que les vitesses de découpage qui ont été atteintes sont identiques et, en plus, que la con-

de vorige figuur gelassoldeerd werden op de schakels van de ketting in kwestie. Wij stellen vast dat een bepaald aantal werkzaamheden, die men als constant kan beschouwen en betrekking hebben op het klaarmaken van het materieel, de montage van de ketting, het doen dalen en stijgen van de insnijding, plaatshebben vooraleer de ondersnijding kan beginnen. Als wij in ons vergelijkend schema aannemen dat er zich geen ongevallen zullen voordoen, dan moet na het doorsnijden van enkele vierkante meters, de ketting terug aan de oppervlakte worden gebracht en van de arm gedemonteerd, de werktuigen moeten herslepen worden enz... In de meeste groeven gaat men zo te werk. Er is ook een andere oplossing mogelijk, d.w.z. dat men verschillende genummerde kettingen klaar heeft voor gebruik, en dat men ze systematisch vervangt in de werkplaats zonder te wachten tot de afgesleten ketting werd aangeslepen. Met deze oplossing kon men reeds wat tijd winnen in de niet-productieve zone.

De kurve (B) van figuur 2 geeft schematisch het gebruik aan van zelfslijpende werktuigen. Alhoewel wij in werkelijkheid dit doeltreffendheidsniveau nog niet hebben bereikt, zou, theoretisch gezien, met het zelfslijpend werktuig de actieve ondersnijtijd 3 à 4 maal kunnen worden verlengd ten opzichte van de klassieke werktuigen. De kurve (B) moet dus als onze doelstelling worden beschouwd. U zal verder zien dat dit doel zal kunnen worden bereikt door twee soorten zelfslijpende werktuigen van verschillende bouw, in verband met de afbreekbaarheidsschaal van de gesteenten.

Deze tweede oplossing die voorgesteld wordt door kurve (B) (fig. 2), zou reeds voordeliger uitvallen indien de prijs van de zelfslijpende werktuigen even hoog lag als die van de klassieke werktuigen en indien de ondersnijsnelheid juist dezelfde was als die van de klassieke werktuigen.

sommation de carbure dans le cas des outils autoaffûtants est presque 13 fois plus faible au départ que dans le cas des outils classiques.

Ce point de vue n'est pas à négliger car le carbure est une matière précieuse, importée, dont les prix ne cessent d'augmenter. En cas de "réaffûtage" des outils autoaffûtants qui est en réalité le surfaçage de la chaîne dans le cas du débrasage accidentel des pics, la consommation des meules diamantées et le temps de manipulation avec la chaîne devraient considérablement diminuer.

Quant à la troisième courbe (C) (fig. 2), elle est réservée à d'autres moyens de havage, encore plus progressifs – non définis pour le moment, permettant de prolonger le temps actif du havage de 20 à 50 fois avec une seule série de pics – entre deux cycles de havage. En principe, cette catégorie devrait être desservie par des outils autoaffûtants de constructions nouvelles où, à côté du prolongement de vie des pics, on aurait en plus la possibilité d'augmenter la vitesse mécanique de havage, ce qui n'est pas strictement nécessaire au point de vue économique. Je vois ici personnellement la possibilité d'introduire les outils à concrétion diamantée sur le marché et de bien les étudier en relation avec les paramètres techniques des haveuses actuelles ou futures, ou l'utilisation d'un autre procédé pas encore introduit sur le marché.

D'après les résultats de nos recherches, en ce qui concerne les calcaires crinoïdiques de Soignies, je pense que la courbe (B) (fig. 2) pourrait être représentée en réalité par les outils autoaffûtants à lames ou éventuellement par des outils à molettes, du fait qu'au point de vue de la destructibilité des calcaires, ces derniers se trouvent à la limite des possibilités des outils à lames. La courbe (C) serait ensuite réservée aux outils diamantés dans un avenir assez proche.

Les figures 3, 4 et 5 démontrent les différences significatives entre les outils autoaffûtants et non autoaffûtants de différentes catégories d'outils de coupe.

La première série d'essais in situ, en utilisant les outils autoaffûtants, a été testée dans le courant de l'année 1973 (fig. 6); on peut remarquer que la forme initiale de ces pics autoaffûtants était assez spéciale. La raison de cette forme arrondie était de pouvoir garder le plus longtemps possible le même rapport entre les surfaces carbure-acier, pour que l'autoaffûtage puisse avoir lieu à long terme. En même temps, la largeur totale des outils n° 4 placés sur la chaîne Perrier de 1,60 m de longueur a été ramenée à 30 mm (fig. 6). La position des outils autoaffûtants sur les maillons a été caractérisée par l'angle de coupe $\alpha = 0^\circ$. On a donc placé les outils dans la position la moins avantageuse (c'est-à-dire dans le domaine des grands efforts) au point de vue du découpage, pour pouvoir tester à la fois la résistance des plaquettes en carbure, brasées sur les supports en acier, et étudier le comportement des pics

Op basis van de aanbiedingen die wij kregen, stellen wij vast dat de aankoopprijs van de zelfslijpende werktuigen ongeveer de helft van de aankoopprijs van de klassieke werktuigen bedraagt, dat de bereikte snijsnelheden identiek zijn en dat het carbidverbruik in het geval van de zelfslijpende werktuigen bovendien bijna 13 maal kleiner is in het begin dan bij de klassieke werktuigen.

Dit standpunt mag niet uit het oog worden verloren daar het carbid een waardevolle ingevoerde stof is waarvan de prijzen voortdurend stijgen. Bij het " herslijpen " van de zelfslijpende werktuigen, wat in werkelijkheid de vlakbewerking is van de ketting in geval van het toevallig lossen van het lassolderen van de beitels, zou het verbruik van de diamantslijpschijven en de werkingstijd met de ketting aanzienlijk moeten dalen.

Wat de derde kurve (C) (fig. 2) betreft, zij is bestemd voor andere, nog progressieger ondersnijmiddelen – die momenteel nog niet werden bepaald en waarmee men de actieve ondersnijtijd met 20 à 50 keer zou kunnen verlengen, met slechts één reeks beitels – tussen twee ondersnijcyclussen. In principe zou deze categorie moeten voorzien zijn van nieuwe zelfslijpende werktuigen waar naast het verlengen van de levensduur van de beitels men bovendien ook de mogelijkheid zou hebben de mechanische snijsnelheid te verhogen, wat economisch gezien niet strict noodzakelijk is. Persoonlijk zie ik hier de mogelijkheid om werktuigen met diamantverharding op de markt te brengen en ze goed te bestuderen in verband met de technische parameters van de huidige of latere ondersnijmachines, of om een ander procédé te gebruiken dat nog niet op de markt is.

Volgens de resultaten van onze onderzoekingen betreffende de crinoïdenkalksteen van Soignies, denk ik dat de kurve (B) (fig. 2) in werkelijkheid zou kunnen worden vertegenwoordigd door de zelfslijpende werktuigen met lemmer of eventueel door de werktuigen met kabelschijven, daar wat de afbreekbaarheid van de kalksteen betreft, deze laatste zich op de grens bevinden van de mogelijkheden van de werktuigen met lemmer. De kurve (C) zou dan in de nabije toekomst enkel voor de diamantwerktuigen worden gebruikt.

De figuren 3, 4 en 5 geven de belangrijkste verschillen aan tussen de al dan niet zelfslijpende werktuigen van verschillende categorieën snijtuigen.

De eerste reeks proeven in situ met zelfslijpende werktuigen werd tijdens 1973 uitgevoerd (fig. 6) ; men stelt vast dat de oorspronkelijke vorm van deze zelfslijpende beitels nogal speciaal was. De reden voor deze afgeronde vorm was dat men zo lang mogelijk dezelfde verhouding wenste te behouden tussen de oppervlakken carbidstaal, zodat het zelfslijpen op lange termijn kon plaatshebben. Terzelfdertijd werd de

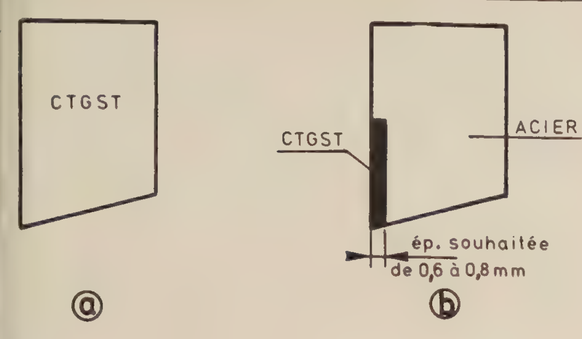


Fig. 3

utils à lames
Outil classique non autoaffûtant $S_{ACT_{in}} \neq S_{ACT_{fin}}$
. Outil autoaffûtant $S_{ACT_{in}} = S_{ACT_{fin}}$
Verktuigen met lemmer
. Klassiek niet-zelfslijpend werktuig $S_{ACT_{in}} \neq S_{ACT_{fin}}$
. Zelfslijpend werktuig $S_{ACT_{in}} = S_{ACT_{fin}}$
cier : staal
p. souhaitée de... : gewenste dikte

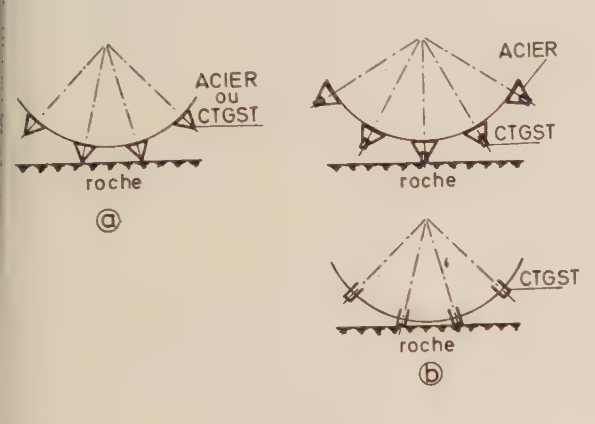


Fig. 4

Outils à molettes
a. Outil classique non autoaffûtant $S_{ACT_{in}} \neq S_{ACT_{fin}}$
b. Outil autoaffûtant $S_{ACT_{in}} = S_{ACT_{fin}}$
Werktuigen met kabelschijven
a. Klassiek niet-zelfslijpend werktuig $S_{ACT_{in}} \neq S_{ACT_{fin}}$
b. Zelfslijpend werktuig $S_{ACT_{in}} = S_{ACT_{fin}}$
acier ou... : staal of...
roche : gesteente

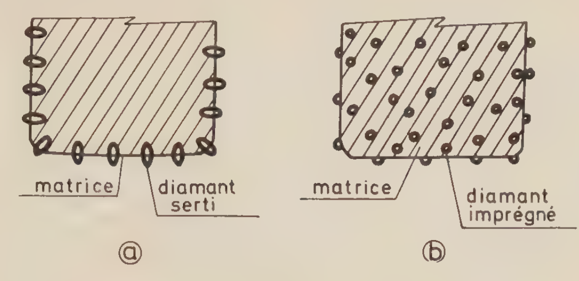


Fig. 5

Outils diamantés
a. Outil classique à pierres serties considéré comme non autoaffûtant $S_{ACT_{in}} \neq S_{ACT_{fin}}$
b. Outil classique à concrétion diamantée considéré comme autoaffûtant $S_{ACT_{in}} = S_{ACT_{fin}}$
Diamantwerktuigen
a. Klassiek werktuig met gefelzde stenen dat als niet-zelfslijpend wordt beschouwd $S_{ACT_{in}} \neq S_{ACT_{fin}}$
b. Klassiek werktuig met diamantverharding dat als zelfslijpend wordt beschouwd $S_{ACT_{in}} = S_{ACT_{fin}}$
matrice : matrijs
diamant serti : gefelzde diamant
diamant imprégné : doordrenkte diamant

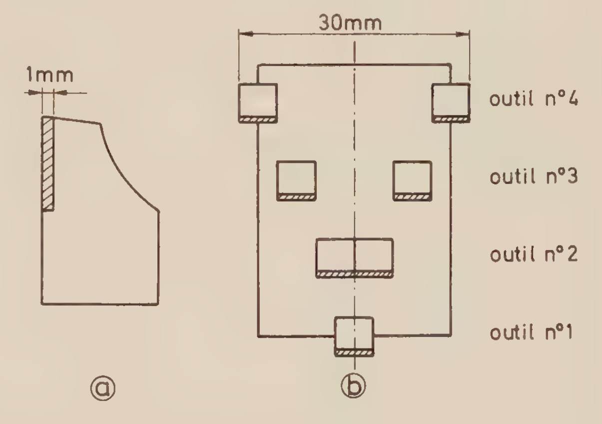


Fig. 6

a. Outils autoaffûtant de construction actuelle
b. Schéma de brasage des outils autoaffûtants
a. Huidige zelfslijpende werktuigen
b. Schema van de lassoldering van zelfslijpende werktuigen
outil n°... : werktuig nr..

autoaffûtants. Il est à noter que nous avons testé au laboratoire des outils autoaffûtants dans cinq positions différentes au point de vue de l'angle de coupe, c'est-à-dire avec $\alpha = 0°, 5°, 10°, 15°$ et $20°$ pour l'angle de dépouille initiale $\gamma = 10°$, la vitesse de coupe $v = 40$ cm/s et pour la profondeur de passe $\delta = 0{,}144$ mm/coup. D'après ces essais, il résulte que la position d'un outil autoaffûtant sur la chaîne a aussi son importance et que l'angle de coupe $\alpha = 7{,}5°$ à $10°$ semble être le plus avantageux dans le cas étudié. Une autre série d'essais de laboratoire est prête actuellement, pour tester le comportement des pics autoaffûtants sous angles de coupe négatifs.

Quant à l'épaisseur des plaquettes en carbure des pics autoaffûtants, nous avons été obligés de travailler

totale breedte van de werktuigen nr. 4 die op de 1,60 m lange Perrier-ketting staan, op 30 mm gebracht (fig. 6). De stand van de zelfslijpende werktuigen op de schakels werd gekenmerkt door de snijhoek $\alpha = 0°$. Men heeft de werktuigen dus in de minst gunstige positie voor het uitsnijden geplaatst (d.w.z. in het gebied van de grote spanningen), om terzelfdertijd de weerstand van de carbidplaatjes die op de stalen steunen werden gelassoldeerd te testen en het gedrag van de zelfslijpende beitels te bestuderen. Wij wijzen erook op dat wij in het laboratorium de zelfslijpende werktuigen in vijf verschillende standen t.o.v. de snijhoek hebben getest, d.w.z. met $\alpha = 0°, 5°, 10°, 15°$ en $20°$ voor de stelhoek $\gamma = 10°$, de snijsnelheid $v = 40$ cm/s en voor de snijdiepte $\delta = 0{,}144$ mm/slag. Uit deze proeven

au début avec les outils dont l'épaisseur des plaquettes était de 1 mm (les tests de laboratoire déterminaient l'épaisseur optimum entre 0,7 à 0,8 mm). A l'époque, quand nous avons cherché les informations concernant la fabrication des pics autoaffûtants, aucun des fabricants interrogés ne voulait descendre en dessous de 1 mm d'épaisseur pour les plaquettes en CTGST. A ce moment, notre outil autoaffûtant a été placé forcément et dès le départ de son travail in situ, dans des conditions très désavantageuses par rapport à un outil classique bien affûté. Il est à noter qu'un outil classique est généralement considéré comme usé si l'épaisseur de son taillant atteint une valeur de plus ou moins 1 mm.

Le fluide de nettoyage, qui était l'eau de la carrière, a été injecté dans la saignée comme représenté à la figure 7, pour pouvoir à la fois assurer le refroidissement efficace des pics, d'une part, et le transport hydraulique des débris, d'autre part. Les mouillants ont été introduits dans l'eau de la carrière dans des proportions bien déterminées, pour pouvoir étudier in situ les phénomènes observés couramment au laboratoire — c'est-à-dire diminution de l'abrasivité sur le contact pic-roche (la figure 8 donne une idée de l'action des mouillants, basée sur les tests de laboratoire). Au moment

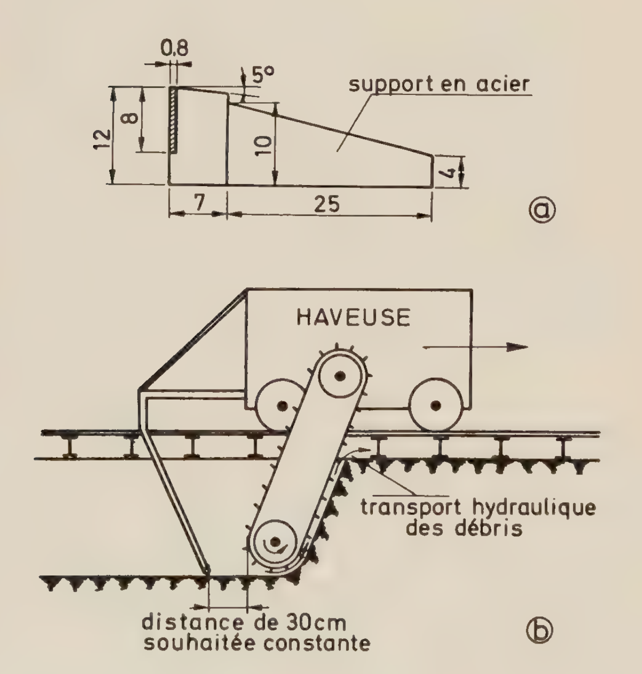


Fig. 7
Améliorations prévues pour des essais prochains, concernant la fixation des pics.
Geplande verbeteringen voor de volgende proeven voor het vasthechten der beitels.
support en acier : stalen steun
haveuse : ondersnijmachine
transport hydraulique des débris : hydraulisch vervoer van de afval
distance de 30 cm souhaitée constante : gewenste constante afstand van 30 cm.

blijkt dat de stand van een zelfslijpend werktuig op de ketting ook van belang is en dat de snijhoek $\alpha = 7{,}5°$ tot 10° het voordeligst blijkt te zijn in het bestudeerde geval. Een andere reeks laboratoriumproeven is momenteel klaar om het gedrag van zelfslijpende beitels onder negatieve snijhoeken te testen.

Wat de dikte van de carbidplaatjes van zelfslijpende beitels betreft, waren wij verplicht in het begin te werken met werktuigen waarvan de plaatjes 1 mm dik waren (de laboratoriumtests bepaalden de optimale dikte tussen 0,7 en 0,8 mm). Toen wij informatie verzamelden betreffende de fabrikatie van zelfslijpende beitels, was geen enkele ondervraagde fabrikant bereid minder dan 1 mm dikte te nemen voor de CTGST-plaatjes. Op dat ogenblik hebben wij ons zelfslijpend werktuig geplaatst en van bij het begin werkte het in situ, in nadeliger omstandigheden t.o.v. een goed geslepen klassiek werktuig. Een klassiek werktuig wordt over het algemeen als afgesleten beschouwd wanneer de dikte van het snijplaatje ongeveer 1 mm bedraagt.

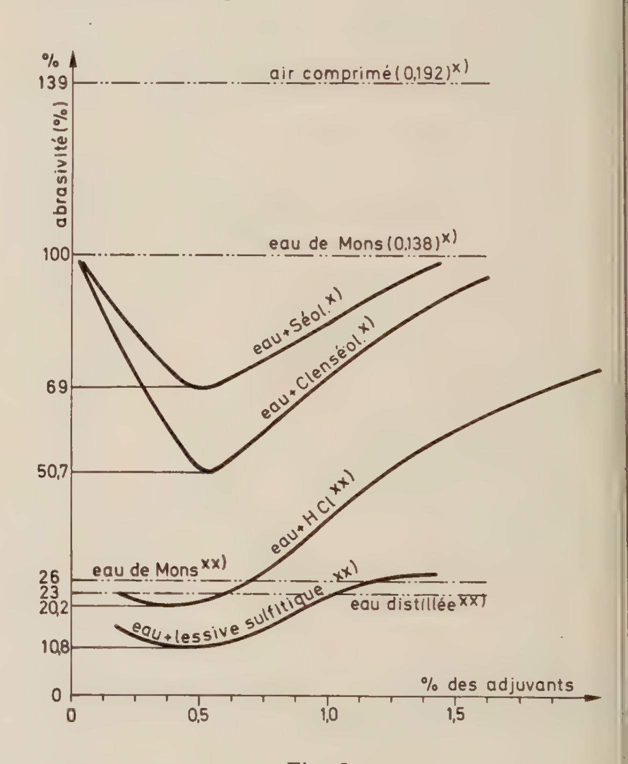
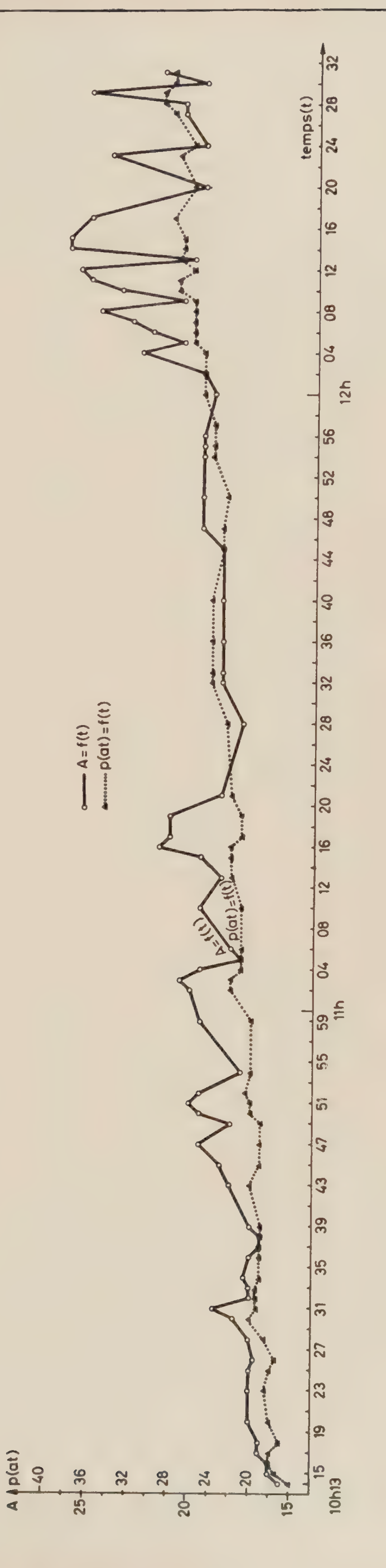
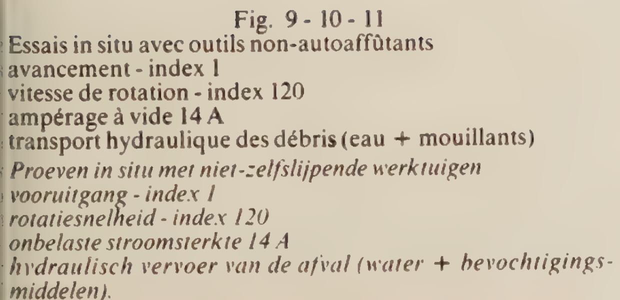


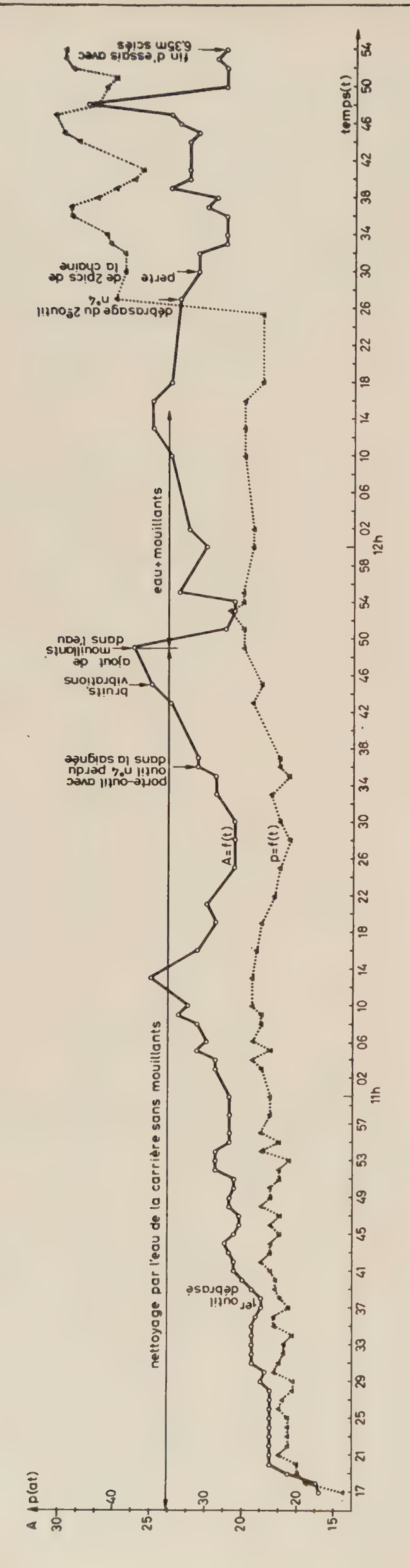
Fig. 8
Calcaire de Soignies
Essais d'abrasivité avec le poinçon en carbure de W Ø 4 mm
Légende : *) p = 0,5 kg/cm^2 ; v_1 = 0,08 m/s
**) p = 5,69 kg/cm^2 ; v_1 = 0,36 m/s
Kalksteen van Soignies
Abrasiviteitsproeven met slagstempel van wolframcarbid Ø 4 mm
*Legende : *) p = 0,5 kg/cm^2 ; v_1 = 0,08 m/s*
***) p = 5,69 kg/cm^2 ; v_1 = 0,36 m/s*
abrasivité : abrasiviteit
air comprim... : samengeperste lucht
eau de Mons... : water van Mons
lessive sulfitique : sulfietloog
eau distillée : gedistilleerd water
% des adjuvants : % toevoegmiddelen.

le l'application des mouillants pendant les essais de ıavage, dans certains cas, la diminution de l'ampérage :nregistré était de ± 50 %, comme on le voit sur les igures 9 à 14 concernant les essais in situ. Sur les figu-es 9, 10 et 11, on peut étudier l'évolution du havage, en ıtilisant les pics classiques, fixant l'avancement de la ıaveuse Perrier sur l'index n° 1 et la vitesse de rotation le la chaîne sur l'index n° 120. D'après les figures 9, 10 :t 11, le havage commençait à 10 h 13' et est représenté ur les figures par la courbe d'ampérage = $f(t)$ et ›ression = $f(t)$. Les mouillants ont été ajoutés en con-inu dans la saignée. On constate que, vers 12 h, un lésaffûtage très prononcé commençait à se présenter fig. 10) et les valeurs de l'ampérage et de la pression ›nt atteint presque leur maximum. Vers 12 h 28', le ıavage a été interrompu (fig. 11) après avoir découpé ›.65 m en 134 minutes (tableau I).

En introduisant dans la même saignée une autre haîne équipée d'outils autoaffûtants (fig. 12, 13 et 14), ›ù l'épaisseur des plaquettes a été de 1 mm, on a pu ›bserver l'évolution des travaux de havage qui se léroulaient de la façon suivante.




Fig. 9 - 10 - 11
Essais in situ avec outils non-autoaffûtants
avancement - index 1
vitesse de rotation - index 120
ampérage à vide 14 A
transport hydraulique des débris (eau + mouillants)
Proeven in situ met niet-zelfslijpende werktuigen
vooruitgang - index 1
rotatiesnelheid - index 120
onbelaste stroomsterkte 14 A
hydraulisch vervoer van de afval (water + bevochtigings-middelen).



De reinigingsvloeistof, water uit de groeve, werd in de insnijding gespoten, zoals voorgesteld op figuur 7, om enerzijds de beitels doeltreffend te kunnen afkoelen en om anderzijds de afval hydraulisch te kunnen vervoeren. De bevochtigingsmiddelen werden volgens duidelijk bepaalde verhoudingen in het water uit de groeve gegoten om in situ de fenomenen te kunnen bestuderen die dikwijls in het laboratorium worden waargenomen — d.w.z. vermindering van de abrasiviteit op het contact beitel-gesteente (figuur 8 geeft een idee van de werking van de bevochtigingsmiddelen, gebaseerd op de laboratoriumtests). In bepaalde gevallen verminderde de stroomsterkte met ± 50 % op het ogenblik dat de bevochtigingsmiddelen tijdens de ondersnijproeven werden toegepast. Dit ziet men op figuur 9 tot 14 betreffende de proeven in situ. Op figuur 9, 10 en 11 kan men de evolutie bestuderen van het ondersnijden met gebruik van klassieke beitels en met de vooruitgang van de ondersnijmachine Perrier op index nr. 1 en de rotatiesnelheid van de ketting op index nr 120. Volgens de figuren 9, 10 en 11 begon de ondersnijding om 10 u 13' en ze wordt voorgesteld op de figuren door de kurve van de stroomsterkte = $f(t)$ en de druk = $f(t)$. De bevochtigingsmiddelen werden continu in de insnijding gegoten. Rond 12 u. stelt men vast dat de beitels sterk beginnen af te slijten (fig. 10) en de waarden van de stroomsterkte en van de druk bereiken bijna hun maximum. Rond 12 u. 28' werd het ondersnijden onderbroken (fig. 11) nadat 5,65 m werd uitgesneden in 134 minuten (tabel I).

Door in dezelfde insnijding een andere ketting voorzien van zelfslijpende werktuigen in te brengen (fig. 12, 13 en 14), waarvan de dikte van de plaatjes 1 mm bedroeg, kon men de ontwikkeling van de ondersnijwerkzaamheden waarnemen die zich als volgt voordeden.

Fig. 12 - 13 - 14
Essais in situ avec outils autoaffûtants " U.C. " ép. 1 mm
avancement index 1
vitesse de rotation index 120
ampérage à vide 14 A
nettoyage par l'eau des carrières sans mouillants.

Proeven in situ met zelfslijpende werktuigen
vooruitgang index 1
rotatiesnelheid index 120
onbelaste stroomsterkte 14 A
reiniging door het water uit de groeven zonder bevochtigingsmiddelen.

1er outil débrasé : 1ste werktuig met losse lassoldering
nettoyage par l'eau de la carrière sans mouillants : reiniging door water uit de groeven zonder bevochtigingsmiddelen
porte-outil avec outil n. 4 perdu dans la saignée : beitelhouder + werktuig nr 4 verloren in de insnijding
bruits, vibrations : lawaai, trillingen
ajout de mouillants dans l'eau : toevoeging van bevochtigingsmiddelen bij het water
eau + mouillants : water + bevochtigingsmiddelen
débrasage du 2e outil n. 4 : lossen van de lassoldering van het 2de werktuig nr 4
perte de 2 pics de la chaine : verlies van 2 beitels van de ketting
fin d'essais avec 6,35 m sciés : einde van de proeven met 6,35 gezaagd
temps : tijd.

TABLEAU 1

	Régime du travail :	avancement " index 1 " rotation " index 120 " Q = const. transport hydraulique assuré
Chaine type	Chaine de 1,60 m équipée par outils autoaffûtants " U.C. ép. 1 mm " du 28/3/1973	Chaine de 1,60 m équipée par outils conventionnels Perrier du 28/3/1973
Profondeur moyenne de la saignée	94 cm	94cm (de 93 à 95 cm)
Métrage réalisé	6,35 cm	5,65 m
Temps de sciage	152 min	134 min
Vitesse de sciage	4,17 cm/min	4,21 cm/min

TABEL 1

	Arbeidsregime :	*vooruitgang " index 1 " rotatie " index 120 " Q = constant verzekerd hydraulisch vervoer*
Type ketting	*Ketting van 1,60 m voorzien van zelfslijpende werktuigen " U.C. ép. 1 mm " van 28/3/1973*	*Ketting van 1,60 m voorzien van conventionele werktuigen Perrier van 28/3/1973*
Gemiddelde diepte van de insnijding	*94 cm*	*94cm (van 93 à 95 cm)*
Uitgevoerde metingen	*6,35 cm*	*5,65 m*
Zaagtijd	*152 min*	*134 min*
Zaagsnelheid	*4,17 cm/min*	*4,21 cm/min*

Si le niveau d'ampérage était en moyenne de 17 A pendant les premières 15 min de travail avec la chaîne précédente (fig. 9), dans le cas des outils autoaffûtants, on a enregistré 18,5 A en moyenne (fig. 12). La pression bien entendu était de l'ordre de 17 à 19 atm dans le premier cas (fig. 9) et de 20 à 21 dans le cas des outils autoaffûtants (fig. 12) où le travail des pics pouvait être considéré comme plus régulier par rapport au cas précédent.

Après le débrasage du premier outil autoaffûtant vers 10 h 38' (fig. 12), l'ampérage et la pression remon-

Terwijl bij de vorige ketting de stroomsterkte gemiddeld 17 A bedroeg tijdens de eerste 15 min van de werking, tekende men in het geval van de zelfslijpende werktuigen gemiddeld 18,5 A op (fig. 12). De druk bedroeg in het eerste geval uiteraard 17 à 19 atm (fig. 9) en 20 à 21 atm voor de zelfslijpende werktuigen (fig. 12) waarvan de werking der beitels als regelmatiger werd beschouwd dan in het vorige geval.

Na het loskomen van de lassoldering rond 10 u. 38' (fig. 12) stegen de stroomsterkte en de druk opnieuw Later vond een ander ongeval plaats (rond 11 u. 36')

taient. Plus tard, un autre accident a eu lieu (c'était vers 11 h 36) (fig. 13). Il s'agissait d'une perte dans la saignée, d'un porte-outil complet n° 4. Malgré cela, l'essai a été poursuivi. A partir de 11 h 44', les vibrations de la haveuse ont été ressenties. L'ampérage augmente et à ce moment on ajoute les mouillants dans l'eau de la carrière (fig. 13). Presque instantanément, on constate une diminution de l'ampérage. Au moment du débrasage d'un second outil, la pression augmente de nouveau vers 12 h 26' (fig. 14). Le havage se termine avec le résultat suivant : métrage réalisé : 6,35 m en 152 min (tableau I).

Le résultat de cette première expérience était le suivant : les outils n° 1, 2 et 3 gardaient très bien leur forme initiale. L'usure des pics n° 4, caractérisée par la figure 15, a été considérée comme excessive. Elle a pu être provoquée à la fois par le travail normal des pics n° 4 ou par des morceaux de pics débrasés de la chaîne au cours des essais.

C'est pourquoi, nous nous sommes penchés spécialement sur les problèmes de brasage des pics comme sur un mal qui entraîne pas mal de problèmes, même en utilisant les pics classiques.

Une autre série d'essais a été préparée, toujours en utilisant les pics autoaffûtants, où l'épaisseur des plaquettes était encore de 1 mm, mais les pics avaient une géométrie différente (fig. 16), en vue de pouvoir simplifier le plus possible la fabrication des pics autoaffûtants. Deux séries complètes d'outils diamantés autoaffûtants de deux compositions différentes ont été montées aussi sur la chaîne (fig. 17) en prenant toutes les précautions en ce qui concerne le brasage des pics. Tous les pics étaient brasés en effet par un technicien de notre laboratoire, surveillant spécialement la propreté de l'endroit du brasage et la température de brasage.

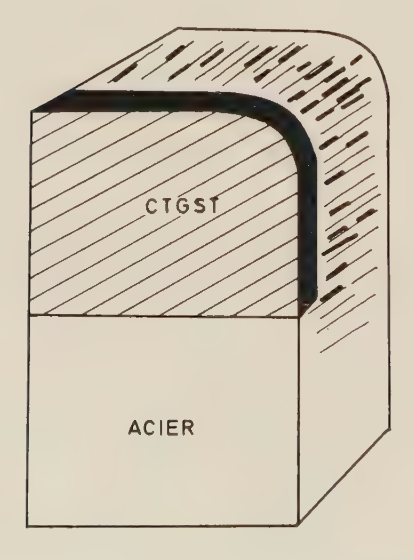


Fig. 15

(fig. 13). In de insnijding had men een volledige beitelhouder nr. 4 verloren. De proef werd toch voortgezet. Vanaf 11 u. 44' kon men de trillingen van de ondersnijmachine voelen. De stroomsterkte neemt toe en vanaf dat ogenblik voegt men de bevochtigingsmiddelen bij het water uit de groeve (fig. 13). Bijna onmiddellijk stelt men een daling vast van de stroomsterkte. Bij het loskomen van de lassoldering van een tweede werktuig stijgt de druk opnieuw rond 12 u. 26' (fig. 14). Het ondersnijden eindigt met het volgende resultaat : verwezenlijkte opmeting 6,35 m in 152 min (tabel I).

Het resultaat van deze proefneming was : de werktuigen nrs. 1, 2 en 3 behielden zeer goed hun oorspronkelijke vorm. De slijtage van de beitels nr. 4, zie figuur 15, werd als overdreven beschouwd. Zij werd veroorzaakt door de normale werking van de beitels nr. 4 of door stukken beitels waarvan de lassoldering loskwam van de ketting tijdens de proeven.

Daarom hebben wij ons bijzonder beziggehouden met het probleem van het lassolderen zoals met een kwaad dat talrijke problemen veroorzaakt, zelfs als men klassieke beitels gebruikt.

Een andere reeks proeven werd voorbereid, nog steeds met zelfslijpende werktuigen en met 1 mm dikke plaatjes. Maar de beitels hadden een andere geometrische vorm (fig. 16) om het vervaardigen van de zelfslijpende werktuigen zoveel mogelijk te kunnen vereenvoudigen. Twee volledige reeksen zelfslijpende diamantwerktuigen van twee verschillende samenstellingen werden ook op de ketting gemonteerd (fig. 17)

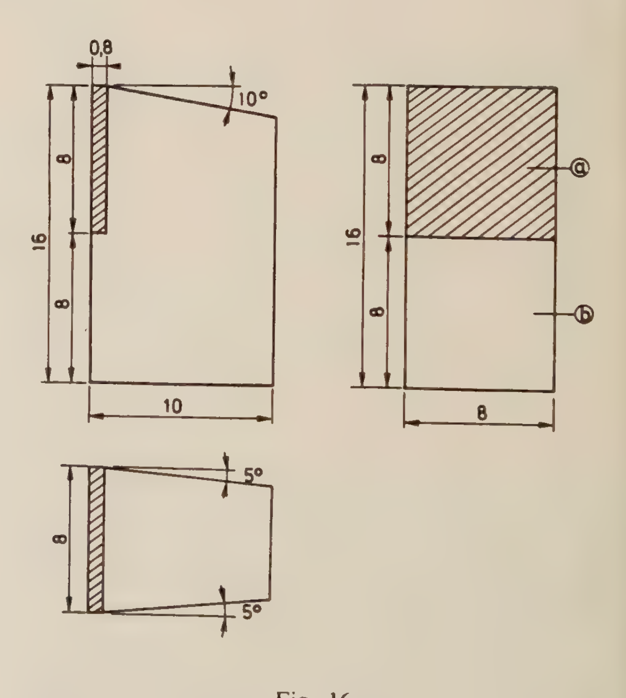


Fig. 16
a. plaquette CTGST brasée sur l'acier
b. support en acier à 45 - 50 kg/mm²
a. CTGST-plaatje, gelassoldeerd op het staal
b. stalen steun · à 45 - 50 kg/mm²

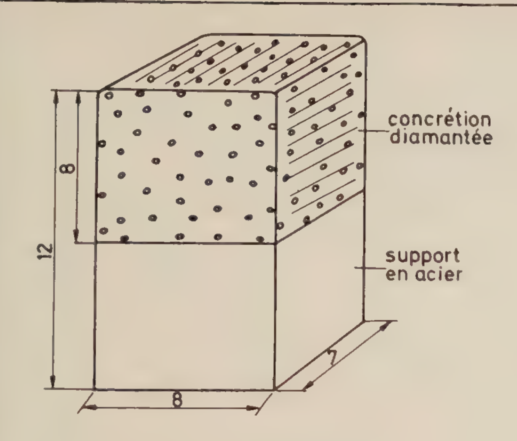


Fig. 17
concrétion diamantée : diamantverharding
support en acier : stalen steun.

Le but de cette deuxième série d'essais était à la fois de vérifier le comportement et l'usure des pics n° 4, le comportement des pics diamantés autoaffûtants dans le domaine des petites vitesses et des pressions relativement grandes. Plusieurs régimes de havage ont été testés. Etant donné que le débrasage d'aucun pic n'avait lieu pendant cette campagne d'essais et que les pics n° 4 étaient toujours usés de façon excessive dans les coins, on était assuré que la position des outils sur la chaîne et la sollicitation des pics n° 4 peuvent être à l'origine de cette usure.

Les pics diamantés autoaffûtants se comportaient très bien vis-à-vis des efforts mis en jeu. Ils résistaient aux pressions sur le contact outil-roche, les diamants ne se détruisaient pas comme on l'avait constaté dans le passé, en associant le travail d'une chaîne de haveuse avec l'utilisation des outils diamantés non autoaffûtants. Les pics diamantés autoaffûtants pourraient être éventuellement utilisés, même sur la haveuse Perrier, à condition de pouvoir augmenter la vitesse de rotation de la chaîne au minimum deux fois. D'autres adaptations devraient avoir lieu, surtout en ce qui concerne le réglage de la poussée sur les pics pendant le havage.

Il y a deux ans, j'ai évoqué à cette tribune les problèmes de destructibilité des roches vis-à-vis des différents types d'outils de coupe. Les calcaires de Soignies sont représentés dans cette classification par la valeur de σ_{red} = 213,5 kg/mm^2, ce qui correspond à la catégorie n° VII de destructibilité.

Une roche qui est classée dans cette catégorie pourrait être taillée encore par des outils à lames, mais l'efficacité de ce processus peut être mise en doute. Par contre, l'utilisation des outils à molettes ou des outils diamantés semble être beaucoup plus avantageuse. C'était comme suite à ces travaux théoriques et expérimentaux de laboratoire que nous envisagions encore un autre système de découpage, en utilisant les haveuses de constructions actuelles et augmentant consi-

en alle voorzorgen werden genomen wat het lassolderen van de beitels betreft. Alle beitels werden immers door een technicus van ons laboratorium gelassoldeerd en hij waakte vooral over de netheid van de lassoldering en over de lassoldeertemperatuur.

Deze tweede reeks proeven was bedoeld om het gedrag en de slijtage van de beitels nr. 4 na te gaan evenals het gedrag van de zelfslijpende diamantbeitels in de zone met kleine snelheden en met betrekkelijk sterke druk. Er werden verschillende ondersnijmachinen getest, Aangezien tijdens deze reeks proeven de lassoldering van geen enkele beitel loskwam en de beitels nr. 4 nog steeds overdreven afsleten in de hoeken, was men ervan overtuigd dat de stand van de beitels op de ketting en de sollicitatie van de beitels nr. 4 deze slijtage kunnen veroorzaken.

De zelfslijpende diamantbeitels gedroegen zich zeer goed ten opzichte van de spanningen in kwestie. Zij weerstonden aan de druk op het contact werktuig-gesteente, de diamanten braken niet af zoals in het verleden, daar de werking van een snijketting verbonden werd met het gebruik van niet-zelfslijpende diamantwerktuigen. De zelfslijpende diamantbeitels kunnen eventueel worden gebruikt, zelfs op de Perrier-ondersnijmachine, op voorwaarde dat men de rotatiesnelheid van de ketting ten minste twee keer kan verhogen. Er moeten ook andere aanpassingen worden gedaan, vooral inzake het regelen van de duwkracht op de beitels tijdens het ondersnijden.

Twee jaar geleden heb ik hier ook gewezen op de problemen van afbreekbaarheid van de gesteenten t.o.v. de verschillende types van snijwerktuigen. De kalksteen van Soignies wordt in deze rangschikking voorgesteld door de waarde σ_{red} = 213,5 kg/mm^2 wat overeenstemt met afbreekbaarheidscategorie nr. VII.

Een gesteente dat tot deze categorie behoort zou nog door werktuigen met lemmer kunnen worden gesneden maar de doeltreffendheid van dit proces kan in twijfel worden getrokken. Het gebruik van werktuigen met kabelschijven of diamantwerktuigen blijkt echter veel voordeliger te zijn. Wegens deze theoretische en experimentele labwerkzaamheden planden wij nog

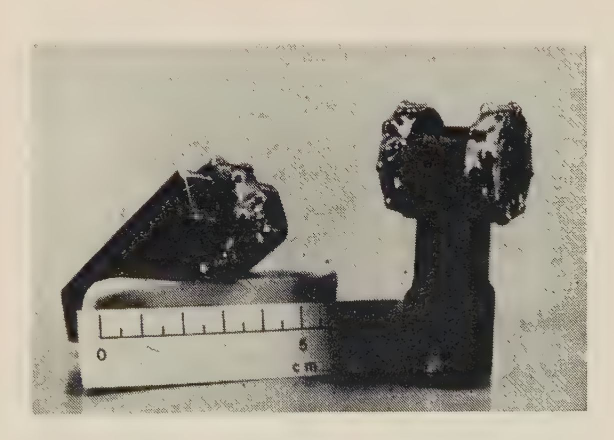


Fig. 18

dérablement le processus de destruction des roches, en introduisant les outils rotatifs autoaffûtants (fig. 18). Ce système serait intéressant à appliquer partout où les conditions naturelles s'y prêteraient. Sur la figure 19, on peut observer cinq types de roches différentes examinées par poinçonnage au laboratoire et représentant trois catégories principales de roches, c'est-à-dire les roches fragiles, fragilo-élastiques et des roches plastiques. Le calcaire de Soignies se trouve sur la figure entre la première et la deuxième catégorie. On peut remarquer les destructions différentes dues au poinçonnage, ce qui est le principe d'application de nos outils rotatifs autoaffûtants. Nous avons breveté ce système applicable sur les chaînes des haveuses et (fig. 19 et 20) nous sommes en train de négocier actuellement un essai industriel avec un ou deux prototypes susceptibles d'être essayés sur une haveuse de construction classique.

Avant de terminer cet exposé, je voudrais signaler que les travaux de recherche sont encore loin d'être terminés. Cette première phase a donné pratiquement une seule réponse — c'est-à-dire que l'utilisation des pics autoaffûtants sur *les haveuses est possible et que les phénomènes observés au laboratoire pouvaient être confirmés in situ.* Il est aussi possible que ce procédé est déjà compétitif maintenant bien que nous soyons encore très loin de nos prévisions initiales. Cependant de très nombreux problèmes restent à résoudre. Dans le programme de nos travaux à effectuer figurent les étapes suivantes :

1°) Essais in situ avec les outils autoaffûtants dont les plaquettes en carbure ont une épaisseur de 0,8 mm. Les pics seront fixés sur la chaîne sous l'angle de coupe $\alpha = 8{,}5^\circ$.

2°) Recherche d'une solution concernant l'usure excessive des pics n° 4.

3°) Recherche dans le domaine du choix du matériau des plaquettes. Jusqu'à présent, un seul matériau a été testé industriellement.

4°) Recherche dans le domaine de fixation des pics pour éviter le débrasage, très fréquent jusqu'à présent.

een ander snijsysteem waarbij de laatste ondersnijmachines werden gebruikt en het afbreekproces van de gesteenten aanzienlijk werd verhoogd door het invoeren van zelfslijpende roterende werktuigen (fig. 18). Het zou interessant zijn dit systeem toe te passen waar de natuurlijke omstandigheden het toelaten. Op figuur 19 kan men vijf types van verschillende gesteenten waarnemen die door indringing werden bestudeerd in het laboratorium en drie belangrijke categorieën gesteenten vertegenwoordigen, d.w.z. breekbare, breekbaar-elastische en plastische gesteenten. Op de figuur bevindt de kalksteen van Soignies zich tussen de eerste en de tweede categorie. Men kan de verschillende afbrekingen waarnemen die te wijten zijn aan de indringing ; dit is het toepassingsprincipe van onze zelfslijpende roterende werktuigen. Wij hebben op dit systeem dat toepasbaar is op kettingen van ondersnijmachines een octrooi genomen (fig. 19 en 20) en wij onderhandelen momenteel over een industriële proef met een of twee prototypes die op een klassieke ondersnijmachine kunnen worden beproefd.

Vooraleer deze uiteenzetting te beëindigen vestig ik er uw aandacht op dat de researchwerkzaamheden nog helemaal niet klaar zijn. Deze eerste fase heeft dus praktisch gezien slechts één antwoord gegeven — d.w.z. dat het gebruik van zelfslijpende werktuigen op *ondersnijmachines mogelijk is en dat de fenomenen die in het lab werden waargenomen in situ werden bevestigd.* Het is ook mogelijk dat dit procédé nu reeds kan concurreren alhoewel wij nog ver verwijderd zijn van onze eerste vooruitzichten. Er moeten nog heel wat problemen worden opgelost. In het programma van onze werkzaamheden komen de volgende stappen voor :

1) Proeven in situ met zelfslijpende werktuigen waarvan de carbidplaatjes 0,8 mm dik zijn. De beitels zullen op de ketting worden vastgehecht onder de snijhoek $\alpha = 8{,}5^\circ$.
2) Het zoeken naar een oplossing voor de overdreven slijtage van de beitels nr. 4.
3) Opzoekingen op gebied van de keuze van het materiaal voor de plaatjes. Tot nog toe werd slechts één materiaal industrieel getest.
4) Opzoekingen op gebied van het vasthechten van de beitels om het veelvoudig voorkomen van het lossen van de lassoldering te voorkomen.



Fig. 19

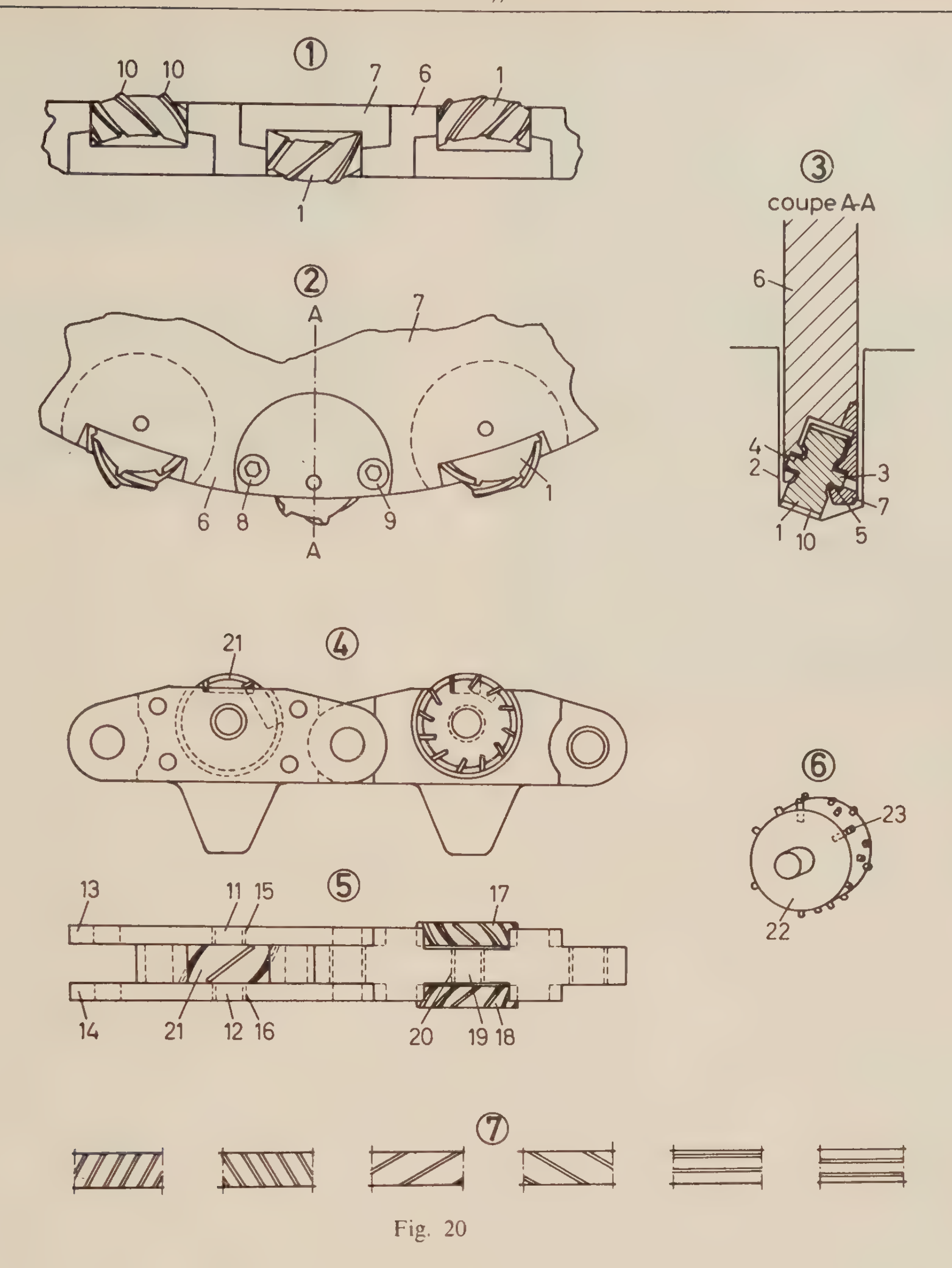


Fig. 20

5°) Réalisation d'une chaîne équipée d'outils à molettes d'après notre brevet et les tests industriels avec cette dernière.

6°) Reconstruction éventuelle de la haveuse Perrier pour envisager l'utilisation des pics diamantés autoaffûtants.

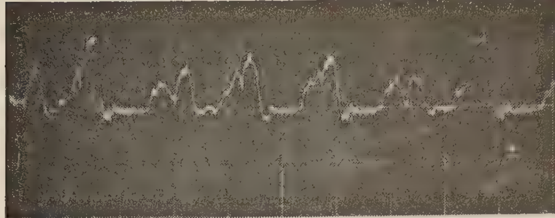
Les dernières figures (fig. 21, 22 et 23) donnent une idée des efforts mis en jeu et de la granulométrie de la roche détruite en utilisant différents types d'outils de coupe pendant nos essais de laboratoire.

5) Verwezenlijking van een ketting voorzien van werktuigen met kabelschijven volgens ons octrooi en de industriële tests met deze laatste.

6) Mogelijke herbouw van de ondersnijmachine Perrier om het gebruik van zelfslijpende diamantbeitels te kunnen verwezenlijken.

De laatste figuren (fig. 21, 22 en 23) geven een idee van de voorkomende spanningen en van de korrelsamenstelling van het afgebroken gesteente door gebruik te maken van verschillende types snijwerktuigen tijdens onze proeven in het lab.





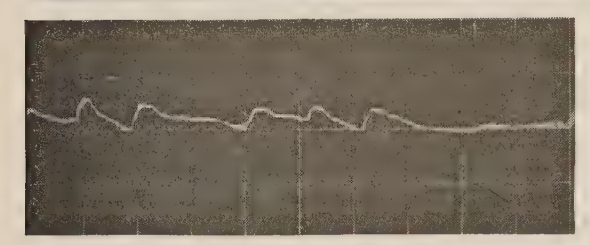


Fig. 21
a. Outil diamanté n° 12
b. Outil diamanté n° 14
c. Outil molette
Division : en abscisse : 5 ms: en ordonnée : 53,3 kg.

a. Diamantwerktuig nr. 12
b. Diamantwerktuig nr. 14
c. Werktuig met kabelschijf
Verdeling : absis : 5 ms; ordinaat : 53,3 kg.



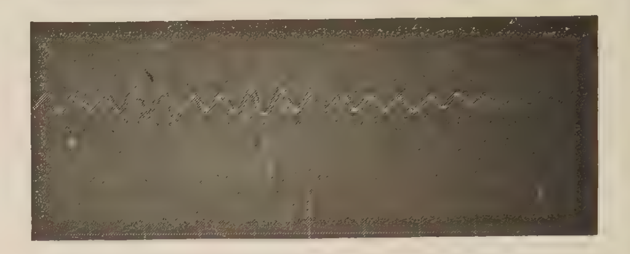


Fig. 22
a. Outil classique
b. Outil autoaffûtant - 1 mm
Division : en abscisse : 5 ms; en ordonnée : 53,3 kg.

a. Klassiek werktuig
b. Zelfslijpend werktuig - 1 mm
Verdeling : absis : 5 ms; ordinaat : 53,3 kg.

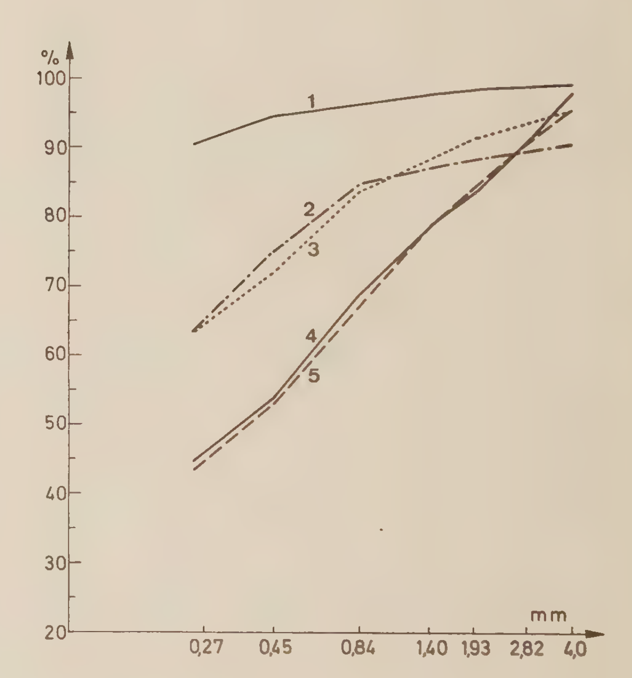



Fig. 23
Diagramme cumulatif de la granulométrie de la roche détruite par différents types de pics
1. Outil classique
2. Outil autoaffûtant
3. Outil diamanté n. 12
4. Outil diamanté n. 14
5. Outil molette
Roches : calcaire crinoïdique de Soignies. Carrières Gauthier-Wincqz

Cumulatief diagram van de korrelsamenstelling van het gesteente afgebroken door verschillende types beitels
1. Klassiek werktuig
2. Zelfslijpend werktuig
3. Diamantwerktuig nr 12
4. Diamantwerktuig nr 14
5. Werktuig met Kabelschijf
Gesteente : crinoïdenkalksteen van Soignies. Groeven Gauthier-Wincqz.

BIBLIOGRAPHIE

[1] J. BRYCH et J. DOSEK : "Outil pour les machines à découper les roches" (Brevet d'invention n° 811.806 – classification internationale B 28d du 29 mars 1974.

[2] L. BRISON et J. BRYCH : "L'Abrasivité des roches" Revue de l'industrie minérale, janvier 1970.

[3] J. BRYCH : Le classement des roches d'après leur destructibilité (Annales des Mines de Belgique. 1973).

BIBLIOGRAFIE

[1] J. BRYCH en J. DOSEK : " Werktuig voor machines voor het snijden van gesteenten " (Uitvindingsoctrooi nr. 811. 806 - internationale rangschikking B 28 d van 29 maart 1974).

[2] L. BRISON en J. BRYCH : " L'abrasivité des roches ". Revue de l'Industrie Minérale, januari 1970.

[3] J. BRYCH : Indeling van het gesteente volgens hun afbreekbaarheid. (Annalen der Mijnen van België. 1973).

La désulfuration des fumées par la chaux

Philippe DUMONT *

RESUME

La pollution de l'air provoquée par les émissions de dioxyde de soufre des fumées est un problème qui préoccupe la plupart des pays soucieux de la protection de l'environnement.

Parmi les techniques visant à réduire les émissions sulfureuses, on peut citer l'utilisation de combustibles à faibles teneurs en soufre, l'abaissement des teneurs en soufre des combustibles par hydrodésulfuration et la désulfuration des gaz de combustion.

En ce qui concerne la désulfuration des fumées dans plusieurs pays comme le Japon, les Etats-Unis, l'Allemagne, on s'oriente vers des techniques qui utilisent de la chaux comme absorbant.

Il apparaît que le processus d'absorption du SO_2 *par la chaux est bien maîtrisé.*

L'avancement de cette technique par rapport aux autres procédés, se justifie par les avantages qu'on lui reconnaît, soit un bon rendement en désulfuration et une économie du procédé tant au niveau des investissements que des coûts de fonctionnement.

Moyennant la résolution du problème de la valorisation des résidus, on peut espérer que son application va se généraliser dans nos pays du Marché commun au meilleur profit de l'environnement.

De ontzwaveling van rook door middel van kalk

Philippe DUMONT *

SAMENVATTING

De luchtverontreiniging veroorzaakt door de emissie van zwaveldioxyde van rook is een probleem dat alle landen die begaan zijn met de bescherming van het leefmilieu, bezighoudt.

Van de technieken die de zwavelige emissies beogen te beperken kunnen we vermelden : het gebruik van brandstoffen met klein zwavelgehalte, het verlagen van het zwavelgehalte van brandstoffen door hydro-ontzwaveling en de ontzwaveling van verbrandingsgassen.

Wat de ontzwaveling van rook in vele landen als Japan, de Verenigde Staten, Duitsland betreft, richt men zich naar technieken die kalk gebruiken als opslorpmiddel.

Het blijkt dat het opslorpingsprocédé van SO_2 *door kalk goed beheerst wordt.*

De vooruitgang van deze techniek ten opzichte van de andere procédés rechtvaardigt zich door de voordelen die haar worden toegeschreven, d.w.z. een goed ontzwavelingsrendement en een besparing van het procédé zowel inzake investeringen als op het vlak van de werkingskosten.

Dank zij de oplossing van het probleem van de valorisatie van de residustoffen hoopt men dat het algemeen zal worden toegepast in de landen van de Gemeenschap, in het voordeel van het leefmilieu.

ZUSAMMENFASSUNG

Luftverschmutzung durch Schwefeldioxyd bei der Rauchentwicklung zählt zu den Problemen, die den meisten umweltschutzbestrebten Ländern Sorgen bereiten.

SUMMARY

The air pollution caused by sulphur dioxide in fumes is a problem which is of great concern to most of the countries which are trying to protect the environment.

* Directeur du Département Recherche. Développement et Contrôle de Qualité.
Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier S.A - 4134 Hermalle-sous-Huy

Zu erwähnen sind bei den technischen Methoden zur Verringerung schwefelhaltiger Ausströmungen der Einsatz von Brennstoffen mit niedrigem Schwefelgehalt, die Senkung des Schwefelgehalts in Brennstoffen durch Hydro-Entschwefelung und die Entschwefelung der Verbrennungsgase.

Bei der Rauchentschwefelung in verschiedenen Ländern wie Japan, die Vereinigten Staaten und Deutschland bedient man sich zunehmend technischer Verfahren, bei denen Kalk als Absorptionsmittel verwendet wird.

Es scheint, dass man den Prozess der Absorption von SO_2 *durch Kalk gut beherrscht.*

Der Vorsprung dieser Technik im Vergleich zu anderen Verfahren erklärt sich aus den damit zusammenhängenden Vorteilen wie eine gute Entschwefelungsleistung sowie Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sowohl in bezug auf die erforderlichen Investitionen als auch im Zusammenhang mit den Betriebskosten.

Mit der Lösung der Frage der Rückstandsverwertung wäre auch die Hoffnung einer verallgemeinerten Anwendung in unseren Ländern des Gemeinsamen Markts zum Vorteil der Umweltbedingungen gegeben.

Among the techniques used to reduce the sulphur-containing emissions is the burning of fuels with a low sulphur content, the reduction of the sulphur content by hydro-desulphurizing and the removal of the sulphur from the combustion gases.

There is a growing tendency in several countries — Japan, the U.S.A., Germany — to use lime as an absorbent.

It appears that the process of absorbing SO_2 *by means of lime is well understood.*

The promotion of this technique in preference to the others is justified by the admitted advantages it offers : — desulphurisation at a good level of efficiency, and low investment and operating costs.

Once the problem of making an economic use of the wastes, it is to be hoped that this process will become widely used in the Common Market countries, to the benefit of the environment.

Les oxydes de soufre (SO_2, SO_3) sont formés principalement par oxydation au cours de la combustion des charbons et des fuels. Dans les conditions habituelles, environ 95 % du soufre est émis sous forme de dioxyde de soufre.

On peut citer également d'autres sources.

La fabrication de 100 t/jour de H_2SO_4 peut émettre 4.4 t/jour de SO_2.

Le traitement de 2.200 t de minerai de cuivre à 30 % de soufre peut émettre 1.350 t/jour de SO_2. Une raffinerie de pétrole peut en produire 400 à 500 t/jour.

Toutefois comme l'indique le tableau I, la combustion des charbons et des fuels doit être considérée comme la source la plus importante d'émission de SO_2.

Notre propos n'est pas de nous étendre sur les effets nocifs du dioxyde de soufre pour l'homme et pour la nature. De très nombreuses publications traitent de ce sujet avec plus de compétence que nous ne pourrions le faire. Toutefois, nous reprenons de l'excellent ouvrage de Chovin et Roussel sur la physico-chimie et physiopathologie des polluants atmosphériques quelques points qui nous paraissent significatifs.

De zwaveloxydes (SO_2, SO_3) worden hoofdzakelijk gevormd door oxydatie tijdens de verbranding van steenkool en stookolie. In normale omstandigheden wordt ongeveer 95 % van de zwavel vrijgegeven in de vorm van zwaveldioxyde.

Ook andere bronnen kunnen worden vermeld.

De vorming van 100 t/dag H_2SO_4 kan per dag 4,4 t SO_2 afgeven.

De behandeling van 2200 t kopererts met 30 % zwavel kan per dag 1350 t SO_2 vrijgeven. Een olieraffinaderij kan 400 à 500 t/dag voortbrengen.

Zoals tabel I aangeeft moet de verbranding van steenkool en stookolie nochtans als de voornaamste emissiebron van SO_2 worden beschouwd.

Wij zijn niet van plan lang uit te wijden over de schadelijke invloed van zwaveldioxyde op de mens en de natuur. Dit onderwerp wordt in talloze publikaties zo deskundig besproken op een manier dat wij het niet kunnen. Uit het uitstekend werk van Chovin en Roussel over de fysische scheikunde en de fysiopathologie van de luchtverontreinigers [1] hebben wij nochtans enkele punten overgenomen die ons als heel belangrijk toeschijnen.

TABLEAU I

Emissions de dioxyde de soufre sur le territoire des Etats-Unis pendant l'année 1968 (en millions de tonnes)

Source	*Emissions*		*% du total*
Transports			
Véhicules à moteurs	0.3	0.8	2.4
Autres	0.5		
Combustions			
Charbon	20.1	24.4	73.5
Fuel-oil	4.3		
Processus industriels	7.3	7.3	22.0
Incinération des déchets	0.1		0.3
Divers			
Feux de forêts	négligeable	0.6	1.8
Autres	0.6		
Total		33.2	100

TABEL I

Emissie van de zwaveldioxyde in de Verenigde Staten tijdens 1968 (in miljoen ton)

Bron	*Emissie*		*% du totaal*
Vervoer			
Motorvoertuigen	0.3	0.8	2.4
Andere	0.5		
Verbranding			
Steenkool	20.1	24.4	73.5
Stookolie	4.3		
Industriële procédés	7.3	7.3	22.0
Afvalverbranding	0.1	0.1	0.3
Diversen			
Bosbranden	onbelangrijk	0.6	1.8
Andere	0.6		
Totaal		33.2	100

La figure 1 indique la corrélation étroite qui existe entre la concentration en SO_2 et la mortalité journalière. Si les concentrations en SO_2 sont fort élevées, on peut supposer qu'à faibles doses la nocivité n'est pas nulle et que son action à long terme affecte la santé.

Figuur 1 geeft het nauwe verband aan tussen de SO_2-concentratie en het dagelijks sterftecijfer. Indien de SO_2-concentraties erg hoog liggen kan men veronderstellen dat bij kleine dosissen de schadelijkheid groter is dan nul en dat de werking ervan op lange termijn de gezondheid aantast.

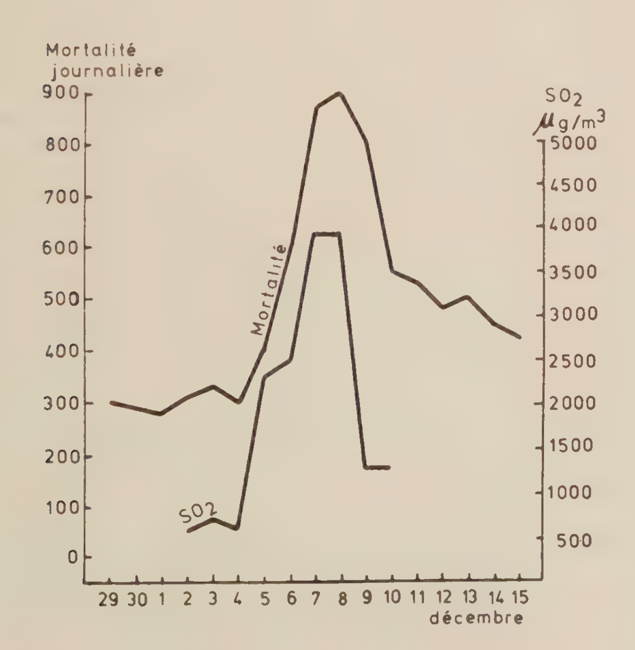


Fig. 1

Nous reprenons également de Chovin et Roussel quelques observations intéressantes :

" – A 100 µg/m³ de particules (moyenne annuelle), concentration associée de 30 µg/m³ de SO_2 par mois, les personnes de plus de 50 ans ont une durée de vie plus courte.

– Entre 100 et 130 µg/m³ de particules (moyenne annuelle), concentrations associées à 120 µg/m³ de SO_2, le taux d'absence des ouvriers augmente nettement.

– Si la concentration de 300 µg/m³ de particules persiste pendant quelques jours et est accompagnée par une concentration de 630 µg/m³ de SO_2, les malades souffrant de bronchite chronique voient une aggravation aiguë de leurs symptômes.

– A la concentration de 750 µg/m³ de particules (moyenne quotidienne) associée à une concentration de 715 µg/m³ de SO_2, la probabilité de morts augmente ainsi que celle de maladies graves".

Il existe trois techniques pour réduire les émissions sulfureuses.

La première consiste à utiliser d'autres formes d'énergie ou des combustibles à faibles teneurs en S comme le gaz naturel.

La seconde consiste à abaisser les teneurs en soufre des combustibles.

Vient ensuite la désulfuration des gaz de combustion.

Ces procédés ne sont pas concurrents, mais complémentaires.

Selon un avis de la FEB[2] : les réductions de la teneur en soufre des combustibles pétroliers auront comme conséquences une hausse du coût

des *distillats* de 7,50 F/t par tranche de 0,1 % d'abaissement en S,

des *résiduels* de 14 F/t par tranche de 0,1 % d'abaissement en S.

Le raffinage du pétrole brut par distillation conduit à une concentration du soufre dans les fractions lourdes.

Le procédé de désulfuration des fractions lourdes repose sur le principe de l'hydrodésulfuration. Il est relativement coûteux en raison de la cherté de l'hydrogène. La consommation en hydrogène est d'autant plus importante que la fraction est plus lourde.

Pratiquement, on peut dire que le procédé est économiquement rentable mais est limité pour les fractions lourdes.

En ce qui concerne la désulfuration des gaz de combustion, il n'existe pas moins de 60 procédés.

Il serait fastidieux dans ce bref exposé de les énumérer et de les comparer.

Van Chovin en Roussel nemen wij ook enkele interessante waarnemingen over :

" – Bij 100 µg/m³ stofdeeltjes (jaargemiddelde), met een daarmee gepaard gaande SO_2-concentratie van 30 µg/m³ per maand, is de levensduur van personen ouder dan 50 jaar veel korter.

– Tussen 100 en 130 µg/m³ stofdeeltjes (jaargemiddelde) met een SO_2-concentratie van 120 µg/m³ doet zich een duidelijke stijging voor van het afwezigheidspercentage van de arbeiders.

– Indien er gedurende enkele dagen voortdurend een concentratie van 300 µg/m³ stofdeeltjes aanwezig is met een SO_2-concentratie van 630 µg/m³ verergeren de symptomen van de lijders aan chronische bronchitis.

– Bij een concentratie van 750 µg/m³ (daggemiddelde) met een SO_2-concentratie van 715 µg/m³, neemt het mogelijk aantal doden en zware zieken toe. ".

Er bestaan drie technieken om de zwavelemissies te beperken.

De eerste bestaat erin andere energievormen of brandstoffen met klein S-gehalte te gebruiken zoals b.v. aardgas.

De tweede bestaat in het verlagen van het zwavelgehalte van de brandstoffen.

Dan is er ook nog de ontzwaveling van de verbrandingsgassen.

Deze procédés wedijveren niet met elkaar maar vullen mekaar aan.

Volgens een bericht van het F.B.O. [2] : de verlaging van het zwavelgehalte van de oliebrandstoffen zal een kostprijsstijging met zich brengen van :

de *destillaten* met 7.50 F/t per 0.1 % S-vermindering,

de *overblijvende produkten* met 14 F/t per 0.1 % S-vermindering.

De raffinage van de ruwe olie door distillatie veroorzaakt een zwavelconcentratie in de zware fracties.

Het ontzwavelingsprocédé van de zware fracties steunt op het principe van de hydro-ontzwaveling. Het valt betrekkelijk duur uit daar waterstof veel kost. Bovendien wordt er meer waterstof verbruikt naarmate de fractie zwaarder is.

Praktisch gezien kan men zeggen dat het procédé economisch rendabel is maar beperkt is voor zware fracties.

Wat de ontzwaveling van verbrandingsgassen betreft, bestaan er niet minder dan 60 procédés.

In deze bondige uiteenzetting heeft het geen zin ze allemaal op te noemen en te vergelijken.

Dans ce domaine, nous nous référerons à l'ouvrage de Monsieur Van Houte (Ing. chim. des ind. agricoles/attaché au laboratoire de chimie du solide et de catalyse de l'Université de Louvain)[3]. Cet ouvrage traite des procédés de désulfuration des fumées.

Il a pour mérite de mettre de l'ordre dans un grand nombre de publications souvent contradictoires.

Parmi l'ensemble des techniques, il apparaît que les procédés par lavage humide des gaz au travers d'une solution alcaline de chaux ont évolué plus rapidement que les autres. Ils ont largement dépassé le stade de l'usine-pilote et sont appliqués au Japon, aux Etats-Unis et en Europe dans des installations industrielles importantes.

Le procédé consiste à absorber le SO_2 dans un laveur d'air au moyen d'une solution contenant de l'hydroxyde de calcium suivant la réaction :

$$SO_2 + Ca(OH)_2 + eau \rightarrow CaSO_3 . 1/2H_2O + eau$$

On peut résumer les raisons de l'avancement de ce procédé par les avantages qu'on lui reconnaît :

- Rendement en désulfuration : 90 à 95 %.
- Rendement en solide : 90 %.
- Grande économie du procédé tant au niveau des investissements que des coûts de fonctionnement.

Les coûts de fonctionnement correspondent essentiellement à l'achat et au transport de la chaux, ainsi qu'au traitement des résidus.

Il est plus économique d'utiliser de la chaux plutôt que du calcaire. En effet, si l'on tient compte des valeurs neutralisantes des deux matériaux correspondant à leurs poids moléculaires respectifs, on devra multiplier le prix du calcaire par le rapport des poids moléculaires de la chaux et du calcaire, soit par un rapport de 100/56 = 1,8.

De plus, il faut prendre en considération que le calcaire a une réactivité plus faible que la chaux vis-à-vis du SO_2. Il s'ensuit que les temps de réaction sont plus longs. En raison des densités en vrac des matériaux et de leur valeur neutralisante, il faut prévoir un volume de stockage 2 fois plus important pour le calcaire.

Il est à noter également que le calcaire a un rendement plus faible que la chaux. Ceci tient au fait que l'absorption du SO_2 sur la particule alcaline se fait superficiellement et que le rendement en solide est inversément proportionnel au diamètre des particules. Généralement, on cite des rendements de 80 % pour le calcaire moulu et de 95 % pour la chaux.

Voici quelques chiffres concernant les coûts de fonctionnement et d'investissements :

- Pour une installation de désulfuration des gaz de combustion d'une centrale électrique fonctionnant au Japon, un constructeur nous a cité en août **1973 : un coût d'investissement de 18 $/kW**.

Op dit vlak verwijzen wij naar het boek van de Heer Van Houte (Scheik. ir. landbouwind./toegevoegd aan het scheikundelaboratorium voor vaste stoffen en katalyse van de Universiteit van Leuven)[3]. Dit boek handelt over de ontzwavelingsprocédés voor rook.

Dit werk heeft orde gebracht in de vele, meestal tegenstrijdige publikaties.

Uit het geheel der technieken blijkt dat de procédés door vochtige wassing van de gassen door middel van een alkalische kalkoplossing vlugger evolueerden dan de andere. Ze zijn reeds het stadium van de proeffabriek voorbij en worden toegepast in Japan, in de Verenigde Staten en in Europa in de belangrijke industriële installaties.

Het procédé bestaat in het opslorpen van het SO_2 in een luchtwasser door middel van een oplossing die calciumhydroxyde bevat volgens de reactie :

$$SO_2 + Ca(OH)_2 + water \rightarrow CaSO_3 . ½H_2O + water.$$

De redenen van de vooruitgang van dit procédé kunnen worden samengevat door de voordelen die eraan verbonden zijn :

- Ontzwavelingsrendement : 90 à 95 %
- Rendement vaste stoffen : 90 %
- Grote besparingen van het procédé zowel inzake investeringen als werkingskosten.

De werkingskosten stemmen hoofdzakelijk overeen met de aankoop en het vervoer van kalk, evenals met de behandeling van de residuprodukten.

Het valt voordeliger uit kalk te gebruiken i.p.v. kalksteen. Inderdaad, indien men rekening houdt met de neutraliserende waarden van de twee materialen die overeenstemmen met hun respectieve moleculaire gewichten moet men de kalksteenprijs vermenigvuldigen met een verhouding van de moleculaire gewichten van kalk en kalksteen, of een verhouding van 100/56 = 1,8.

Bovendien moet men er rekening mee houden dat de reactiviteit van kalksteen t.o.v. SO_2 veel zwakker is dan die van kalk. Hieruit volgt dat de reactietijden veel langer zijn. Wegens de dichtheid van de materialen in bulk en hun neutraliserende waarde moet het stapelvolume voor kalksteen 2 maal zo groot zijn.

Het rendement van kalksteen is daarenboven ook veel kleiner. Dit komt doordat de absorptie van SO_2 op het alkalisch deeltje aan de oppervlakte plaats heeft en het rendement aan vaste stoffen omgekeerd evenredig is met de diameter van de deeltjes. Meestal geeft men voor gemalen kalksteen een rendement aan van 80 % en 95 % voor kalk.

Ziehier enkele cijfers betreffende de werkingskosten en de investeringen :

- Voor een ontzwavelingsinstallatie van verbrandingsgassen van een electriciteitscentrale in Japan heeft de bouwer ons in augustus 1973 een investeringsprijs opgegeven van 18 $/kW.

– Un direct costing qui comprenait les frais de dépôts des résidus et sur base d'une valeur nulle du sous-produit de 0,001 $/kW.

Au mois de mai 1973, nous avons eu l'occasion de visiter une installation de désulfuration des gaz de la centrale électrique Steag à Lünen en Allemagne. Il s'agissait d'une installation construite par la firme Bischoff qui traitait 140.000 Nm^3/h. La dimension du laveur d'air était de 27 m de hauteur et 4 m de diamètre. Elle pouvait traiter 200.000 m^3/h, mais la puissance du ventilateur limitait sa capacité. Cette installation a fonctionné sans arrêt durant 1600 h.

Les gaz provenant de la combustion d'un charbon avaient une concentration en SO_2 comprise entre 2,5 et 3,5 g/Nm^3. Le rendement de désulfuration était de 90 % avec un seul laveur d'air.

Le seul inconvénient qui limite une plus large application du procédé est celui des résidus $CaSO_3$ - $CaSO_4$.

En effet 56 g de chaux vive absorbe après hydratation 64 g de SO_2 pour donner 172 g de gypse. A titre d'exemple pour la centrale Steag à Lünen, le traitement du dixième du volume total des gaz d'émission, soit 140.000 Nm^3/h à une $[SO_2]$ de 3 g/Nm^3 nécessiterait environ 9 tonnes de chaux vive par jour.

La quantité de déchets sulfitiques serait de 28 tonnes/jour.

Donc pour le traitement de la totalité des gaz de cette centrale de 350 MW, il faut multiplier ces chiffres par un facteur dix, ce qui donne une consommation de 100 t de chaux/jour et une quantité de résidus de 280 t/jour.

Les quantités de sous-produits sont donc très importantes, mais au prorata du niveau de pollution. Dans ces déchets, la présence de sulfite pourrait par ses propriétés réductrices créer une autre forme de pollution.

Il convient donc de s'intéresser particulièrement au problème du traitement des résidus. Dans plusieurs pays, des solutions ont été trouvées.

Aux Etats-Unis, un brevet déposé par la firme Corson propose d'utiliser les résidus sulfitiques pour la fabrication d'un matériau de construction routière. Les sulfites sont mélangés à des cendres volantes et à un agrégat pierreux. L'ajout de quelques pour-cents de chaux sert de catalyseur au durcissement du mélange.

Au Japon, les sulfites sont oxydés en sulfates de Ca et utilisés pour la fabrication du ciment ou du plâtre.

En Belgique, le Centre de Recherches Routières réalise des essais de stabilisation des sols en mélangeant à des argiles de fortes quantités de chaux et de gypse. Une réaction du type pouzzolanique a lieu avec formation de sulfoaluminates de calcium.

– Een " direct costing " met de opslagkosten van de residuprodukten op basis van een nulwaarde van het nevenprodukt van 0.001 $/kW.

In de maand mei 1973 hadden wij de gelegenheid de ontzwavelingsinstallatie voor de gassen van de electriciteitscentrale Steag in Lünen in Duitsland te bezichtigen. Deze installatie werd gebouwd door de firma Bishoff en behandelt 140.000 Nm^3/u. De luchtwasser is 27 m hoog en heeft een diameter van 4 m. Aanvankelijk kon zij 200.000 m^3/u behandelen maar de kracht van de ventilator beperkte haar vermogen. Deze installatie heeft 1600 u ononderbroken gewerkt.

De gassen die voortkomen uit de verbranding van steenkool hadden een SO_2-concentratie die tussen 2.5 en 3.5 g/Nm^3 lag.

Met één luchtwasser bedroeg het ontzwavelingsrendement 90 %. Het enige nadeel dat een ruimere toepassing van dit procédé beperkt is dat van de residuprodukten $CaSO_3$ - $CaSO_4$.

56 g ongebluste kalk slorpt na hydratatie immers 64 g SO_2 op en geeft 172 g gips. Als voorbeeld voor de Steag-centrale in Lünen zou voor de behandeling van een tiende van het totaal volume van de emissiegassen, of 140.000 Nm^3/u met SO_2 van 3 g/Nm^3, ongeveer 9 ton ongebluste kalk per dag nodig zijn.

De hoeveelheid zwavelafval zou 28 t/dag bedragen.

Voor de behandeling van de totaliteit der gassen van deze centrale van 350 MW, moet men deze cijfers dus vermenigvuldigen met een factor tien waardoor men een verbruik van 100 t kalk per dag en een hoeveelheid residuprodukten van 280 t/dag bekomt.

De hoeveelheden nevenprodukten zijn dus erg groot maar in verhouding met het pollutieniveau. In deze afvalstoffen zou de aanwezigheid van sulfiet met zijn omzettingseigenschappen een andere vorm van pollutie kunnen vormen.

Men moet zich dus in het bijzonder bezighouden met het probleem van de behandeling van de residustoffen. In verschillende landen werden reeds oplossingen gevonden.

In de Verenigde Staten werd een octrooi overgelegd door de firma Corson om de zwavelige residuprodukten te gebruiken voor de vervaardiging van een materiaal voor wegenbouw. De sulfieten worden vermengd met vliegas en een steenachtige vulstof. Enkele percenten kalk worden bij het mengsel gevoegd om als katalysator op te treden tijdens het verharden.

In Japan worden de sulfieten geoxydeerd tot Ca-sulfaten en worden aangewend voor het maken van cement of pleister. In België voert het Wegenresearchcentrum stabilisatieproeven uit op de grond door grote hoeveelheden kalk en gips te vermengen met klei. Er doet zich een reactie van het puzzolaniek type voor met vorming van calciumsulfoaluminaten.

En Allemagne, des essais de remplissage de galeries de mines au moyen d'anhydrite, c'est-à-dire de sulfate de Ca anhydre cuit à des températures supérieures à 500 °C, ont donné des résultats encourageants.

Il faut souligner que chaque solution est spécifique aux conditions économiques du pays où elle est appliquée.

En ce qui concerne la Belgique, lorsqu'on parle de gypse résiduaire, on cite volontiers les 5 fabricants d'acide phosphorique qui produisent annuellement 2 millions de tonnes de phosphogypse. Cependant, une grande partie de ces gypses ne conviennent pas à la fabrication du ciment ou du plâtre en raison des impuretés qu'ils contiennent comme les résidus de phosphates, les composés fluorés et sodiques.

Dans le cas des gypses résiduaires provenant de la désulfuration des gaz, il faut remarquer que la teneur en CaO de la chaux est généralement supérieure à 90 % et qu'elle ne contient aucun sel soluble.

Si les gaz de combustion sont préalablement dépoussiérés, le gypse obtenu sera très pur, donc facilement utilisable pour tous les usages connus des sulfates de calcium.

Dans la crise de l'énergie que nous connaissons actuellement, je crois qu'il est bon de rappeler que le traitement d'une tonne de gypse contenant 20 % d'eau libre nécessite seulement 320.000 kcal à 80 % de rendement. Ceci représente le tiers de la chaleur nécessaire à la fabrication d'une tonne de ciment.

Certains types de plâtre, comme la variété α permettent de réaliser des matériaux dont la Rc est supérieure à 600 kg/cm^2.

Il existe également la possibilité de fabriquer du ciment anhydrite en cuisant le gypse résiduaire à une température comprise entre 700 °C et 900 °C.

L'ajout de certains sels permet une réhydratation et une augmentation des propriétés mécaniques. Ce ciment fabriqué industriellement est insoluble à l'eau et inaltérable aux intempéries. De caractéristiques mécaniques élevées, il ne gonfle ni ne se rétracte. A l'état pur, il imite le marbre dont il a presque la dureté.

On connaît peu d'usages du sulfite de calcium, dès lors la transformation des sulfites en sulfates est un problème qu'il faut résoudre. Il semble que ce problème ait été résolu au stade industriel.

Pour réaliser une oxydation des sulfites, il faut bien entendu de l'oxygène

$$CaSO_3 . 1/2\,H_2O + 1/2\,O_2 + 3/2\,H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O$$

Généralement, les gaz de combustion en contiennent de trop faibles quantités pour réaliser la transformation, tenant compte de la vitesse de réaction entre le solide et l'oxygène en milieu aqueux. Il est donc nécessaire d'en rajouter au niveau du scrubber.

In Duitsland werden bevredigende resultaten bekomen met opvullingsproeven van mijngalerijen door middel van anhydriet, d.w.z. van watervrij Ca-sulfaat dat bij temperaturen hoger dan 500°C werd gebakken.

Men moet onderstrepen dat elke oplossing specifiek is voor de economische situatie van het land waar ze wordt toegepast.

Wat België betreft, vermeldt men allicht bij het spreken over residugips, de 5 fosforzuurfabrikanten die jaarlijks 2 miljoen ton fosforgips produceren. Een groot gedeelte van dit gips is nochtans niet geschikt voor het maken van cement of pleister wegens de onzuiverheden die het bevat : fosfaatresiduën, fluor- en natriumverbindingen.

Bij het residugips dat voortkomt uit de ontzwaveling van gassen, moet men opmerken dat het CaO-gehalte van kalk meestal hoger ligt dan 90 % en hij geen oplosbaar zout bevat.

Indien de verbrandingsgassen vooraf stofvrij werden gemaakt, zal het bekomen gips zeer zuiver zijn en dus gemakkelijk toepasbaar voor alle gekende gebruiksvormen van calciumsulfaten.

In de energiecrisis die wij thans kennen is het toch goed eraan te herinneren dat voor de behandeling van een ton gips die 20 % vrij water bevat, slechts 320.000 kcal met 80 % rendement nodig zijn. Dit is een derde van de warmte die nodig is voor het maken van een ton cement.

Met bepaalde soorten gips, zoals de variëteit α, ean men materialen verwezenlijken waarvan de drukvastheid groter is dan 600 kg/cm^2.

Het is ook mogelijk om anhydrietcement te maken door residugips te bakken bij een temperatuur tussen 700°C en 900°C.

Door het toevoegen van bepaalde zouten kan een rehydratatie worden bekomen en de mechanische eigenschappen kunnen worden verhoogd. Dit cement wordt industrieel vervaardigd ; het is onoplosbaar in water en de weersomstandigheden hebben er geen vat op. Daar het hoge mechanische eigenschappen heeft doet zich geen zwelling of samentrekking voor. In zuivere vorm imiteert het marmer en is bijna even hard.

Men kent slechts weinig gebruiksvormen van calciumsulfiet. Daarom is de transformatie van sulfieten in sulfaten een probleem dat moet worden opgelost. Op industrieel vlak blijkt dit probleem te zijn opgelost.

Om een oxydatie van de sulfieten te verwezenlijken heeft men vanzelfsprekend zuurstof nodig

$$CaSO_3 . 1/2H_2O + 1/2\,O_2 + 3/2\,H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2\,H_2O$$

Meestal bevatten de verbrandingsgassen er te weinig om de transformatie te verwezenlijken, rekening gehouden met de reactiesnelheid tussen de vaste stof en de zuurstof in waterige omgeving. Men moet er dus bijvoegen op het vlak van de gaswasser.

Pour améliorer les conditions d'oxydation, il est nécessaire que la valeur du pH soit inférieure à 5.

Les centrales électriques au Japon obtiennent comme sous-produit de la désulfuration des gaz du gypse ou du sulfate en lieu et place des sulfites.

La situation du Japon est particulière. Le pays est très industrialisé, il a une forte densité de population très sensibilisée à la protection de l'environnement. De plus, les combustibles importés ont des teneurs en S élevées et le pays ne dispose pas de gisements naturels de gypse. Cette situation explique le développement rapide des procédés de désulfuration des gaz de combustion.

La plupart des installations (on en compte une trentaine) ont une capacité moyenne de 500.000 Nm^3/h. Certaines installations traitent jusque 1,5 million Nm^3/h. La grande majorité des installations utilisent de la chaux comme absorbant donnant comme sous-produit du gypse qui est destiné à la fabrication du ciment ou du plâtre.

D'après le Prof. Murakami, Directeur du Centre de Recherches de la Chaux et du Gypse au Japon, lors d'un exposé présenté au dernier congrès de la chaux à Berlin en mai 1974, tous les problèmes sont résolus comme le rendement de désulfuration, les problèmes d'incrustation, de corrosion, ainsi que l'obtention de gypse de bonne qualité comparable aux gypses naturels.

Malgré les très nombreux articles qui ont paru, les rapports de voyages d'études et les conférences, on a peu de renseignements sur les procédés d'oxydation des sulfites.

Pour conclure, je soulignerai qu'il s'agit d'un problème qui évolue rapidement, trop rapidement sans doute pour pouvoir communiquer des résultats plus fiables, plus précis et mieux chiffrés.

Il semble cependant que la désulfuration des gaz de combustion s'oriente vers des techniques qui utilisent de la chaux comme absorbant.

D'autre part, il apparaît que la technique de l'absorption du SO_2 par la chaux est bien maîtrisée, mais aussi celle de la transformation des sulfites en sulfates.

Cette constatation laisse espérer que son application va se généraliser dans nos pays du Marché commun au meilleur profit de l'environnement.

Il reste bien entendu des questions d'ordre technique et économique que l'on doit se poser dans le contexte spécifique de nos régions.

Aussi, nous pensons que l'étude du problème des résidus est nécessaire à l'application du procédé en Belgique.

Om de oxydatievoorwaarden te verbeteren moet de waarde van de pH kleiner zijn dan 5.

In Japan bekomt men in de electrische centrales als nevenproduct van de ontzwaveling van gassen gips of sulfaat i.p.v. sulfieten.

In Japan is de situatie echter anders. Het land is sterk geïndustrialiseerd, met een dichte bevolking die erg begaan is met de bescherming van het leefmilieu. Bovendien is het S-gehalte van de ingevoerde brandstoffen erg hoog en beschikt het land niet over natuurlijke gipsafzettingen. Deze situatie verklaart de snelle ontwikkeling van de ontzwavelingsprocédés voor verbrandingsgassen.

De meeste installaties (er zijn er een dertigtal) hebben een gemiddeld vermogen van 500.000 Nm^3/uur. Sommige installaties behandelen soms 1.5 miljoen Nm^3/uur. Het merendeel van deze installaties gebruiken kalk als opslorpmiddel. Dit geeft als bijprodukt gips dat bestemd is voor het vervaardigen van cement of pleister.

Volgens Prof. Murakami, Directeur van het Researchcentrum voor Kalk en Gips in Japan, tijdens zijn uiteenzetting op het laatste kalkcongres in Berlijn in mei 1974, zijn alle problemen zoals het ontzwavelingsrendement, de problemen van aanzetting en corrosie evenals het bekomen van gips van goede kwaliteit die vergelijkbaar is met natuurlijk gips, opgelost.

Ondanks de talrijke artikels die verschenen zijn, de verslagen van studiereizen en conferenties, bezit men maar weinig inlichtingen over de oxydatieprocédés van sulfieten.

Als besluit wil ik onderstrepen dat het gaat om een probleem dat zeer snel evolueert, ongetwijfeld te snel om meer betrouwbare, preciezer en in cijfers uitgedrukte resultaten door te geven.

Het blijkt nochtans dat de ontzwaveling van verbrandingsgassen de richting inslaat van technieken die kalk als opslorpmiddel aanwenden.

Anderzijds blijkt dat de opslorptechniek van het SO_2 door kalk goed wordt beheerst, maar ook die van de transformatie van sulfieten in sulfaten.

Door deze vaststelling hoopt men dat het algemeen zal worden toegepast in onze landen van de Gemeenschap in het voordeel van het leefmilieu. Er blijven natuurlijk technische en economische problemen over die men zich in de specifieke context van onze streken moet stellen.

Wij zijn dan ook van oordeel dat de studie van het probleem van de residustoffen nodig is voor de toepassing van het procédé in België.

L'Union des Producteurs Belges de Chaux se propose d'entamer une étude sur le traitement des résidus e la désulfuration des gaz à la chaux. Le domaine des echerches irait de l'étude des conditions d'épandage à a valorisation des résidus.

Le travail se subdiviserait en trois parties :

°) L'étude des techniques appliquées dans les pays comme les U.S.A., le Japon, la Suède et l'Allemagne.

°) La recherche de nouvelles applications des sous-produits en fonction de leur nature spécifique liée au type de combustible utilisé et à la présence éventuelle de poussières.

°) L'évaluation des différentes solutions et leur rentabilité dans les conditions économiques du marché belge.

Les collaborants à un tel projet sont, non seulement es bienvenus, mais indispensables à sa réalisation. Nous pensons principalement aux producteurs d'électricité, de fuel, à l'INIEX, aux universités ainsi qu'à des constructeurs d'installations de traitement de gaz.

Nous espérons que cet appel sera entendu par les pouvoirs publics et encouragé par les organismes de inancement de la recherche scientifique.

De Belgische Unie van Kalkproducenten stelt voor om de studie aan te vatten van de behandeling van de residustoffen uit de ontzwaveling van gassen met kalk. Het domein van de onderzoekingen zou gaan van de studie van de verspreidingsvoorwaarden tot de valorisatie van de residustoffen.

Het werk zou worden onderverdeeld in drie delen :

1) De bestudering van de technieken die in landen zoals de V.S., Japan, Zweden en Duitsland worden toegepast.

2) Het zoeken naar nieuwe toepassingen voor de nevenproducten volgens hun specifieke aard die verbonden is met het gebruikte type brandstof en met de eventuele aanwezigheid van stof.

3) De evaluatie van verschillende oplossingen en hun rentabiliteit in de economische situatie van de Belgische markt.

De medewerkers aan een dergelijk plan zijn niet alleen welkom, maar ook onontbeerlijk voor de verwezenlijking ervan. Wij denken hoofdzakelijk aan de electriciteits- en olieproducenten, aan het NIEB, aan de universiteiten evenals aan de bouwers van installaties voor de behandeling van gas.

Wij hopen dat deze oproep zal worden gehoord door de openbare besturen en zal worden aangemoedigd door de financieringsinstellingen voor de wetenschappelijke research.

REFERENCES

] Physicochimie et Physiopathologie des polluants atmosphériques (P. CHOVIN et A. ROUSSEL). Editions Masson 1973.

] Avis du 12 juin 1973 : "Conséquences économiques des mesures envisagées dans le cadre de la lutte contre la pollution atmosphérique engendrée par les installations industrielles de combustion".

] 60 procédés de désulfuration des fumées (G. VAN HOUTE) 1973 - Office International de Librairie à Bruxelles.

REFERENTIES

1. Physiochimie et Physiopathologie des polluants atmosphériques (P. CHOVIN et A. ROUSSEL). Editions Masson 1973.

2. Bericht van 12 juni 1973 : " Economische gevolgen van de geplande maatregelen in het kader van de bestrijding van de luchtverontreiniging die veroorzaakt wordt door industriële verbrandingsinstallaties ".

3 60 Procédés de désulfuration des fumées (G. VAN HOUTE) 1973 – Office International de Librairie in Brussel.

Quelques exemples d'utilisation des polymères en relation avec l'industrie des carrières

Enkele voorbeelden van het gebruik van polymeren in verband met de groeve-industrie

Claude MICHAUX *

RESUME

En s'appuyant sur des cas pratiques, l'auteur envisage, d'une part, l'incorporation dans les polymères de produits de carrière de nature très différente et, d'autre part, l'utilisation de composés résineux en vue de valoriser les matériaux pierreux sous des formes ou des structures nouvelles.

L'action d'une craie traitée en surface sur les caractéristiques d'un PVC rigide et de PVC plastifiés, est d'abord considérée : différents essais de traction, flexion, torsion et choc-traction, permettent d'étudier l'évolution des propriétés du mélange moulé en fonction de la teneur en charge.

Sont ensuite développées plusieurs applications de composés résineux à concentration importante en matières minérales ; parmi ces charges interviennent des produits moins élaborés, de nature et de granulométrie diverses. Le premier domaine considéré concerne la réparation, la restauration et la reproduction de monuments, d'oeuvres d'art ou de pièces architecturales de formes particulières : rénovation du socle des Fonts Baptismaux de l'église St-Barthélemy à Liège, reproduction de tuiles couvrant la toiture de la Pagode Chinoise à Laeken. D'autres réalisations à partir de matériaux résineux fortement chargés permettent, non seulement la valorisation de déchets de carrière, mais également l'élaboration de matériaux dont les caractéristiques sont supérieures à celles de produits naturels analogues : ardoises synthétiques éventuellement renforcées, reconstitués décoratifs présentant l'aspect du petit granit ou du marbre.

* Ingénieur civil chimiste A.I.Lg. Chargé de Recherches, INIEX. rue du Chéra, 200 - B-4000 Liège.

SAMENVATTING

Zich steunende op praktische gevallen beschouwt de auteur enerzijds de incorporatie van groeveprodukten van zeer verschillende aard in polymeren en anderzijds het gebruik van harsverbindingen om steenachtige materialen te valoriseren in nieuwe vormen of structuren.

Eerst wordt de werking beschouwd van een krijt, dat aan de oppervlakte werd behandeld, op de kenmerken van een stijf PVC en van geplastificeerde PVC : verschillende trek-, buigings-, wringings- en schoktrekproeven laten toe de ontwikkeling van de eigenschappen van het gegoten mengsel te bestuderen in functie van het opvulgehalte.

Vervolgens worden verschillende toepassingen uiteengezet van harsverbindingen met een belangrijke concentratie aan minerale stoffen ; tot de vulstoffen behoren ook minder bewerkte produkten van diverse aard en korrelsamenstelling. Het domein dat het eerst wordt besproken betreft de herstelling, de restauratie en de weergave van monumenten, kunstwerken of bouwkundige voorwerpen met speciale vormen : vernieuwing van de doopvontsokkel van de St-Barthélemy-kerk in Luik, namaken van dakpannen die op het dak van de Chinese Pagode in Laken liggen. Door andere verwezenlijkingen, uitgaande van sterk gevulde harsmaterialen, kan men niet alleen groeve-afvalprodukten valoriseren maar ook materialen maken waarvan de kenmerken die van analoge natuurlijke produkten overtreffen · eventueel versterkte leistenen, decoratieve hersamengestelde produkten die het uitzicht hebben van hardsteen of marmer.

* Burgerlijk Scheikundig Ingenieur A.I.Lg. Gecommitteerd onderzoeker, NIEB, rue du Chéra 200. B-4000 Liège.

Dans le cadre d'une étude générale sur les colles polymériques, un exemple d'utilisation d'une formulation à base de résine époxyde est ensuite explicité en se servant de nombreux résultats d'essais effectués avant et après vieillissement sur des éprouvettes de colle et de pierres collées.

ZUSAMMENFASSUNG

Gestüzt auf Fälle aus der Praxis stellt der Autor Überlegungen an, einerseits zur Einbeziehung von Steinbruchprodukten sehr unterschiedlicher Art in die Polymere und, andererseits, in bezug auf den Einsatz harzhaltiger Verbindungen im Hinblick auf die Aufwertung steinhaltiger Werkstoffe in neuen Gestaltungen oder Strukturgebungen.

Die Auswirkung einer oberflächenbehandelten Kreide auf die kennzeichnenden Eigenschaften eines starren PVC und von plastifiziertem PVC wird zuerst überprüft : durch verschiedene Zug-, Biege-, Verdrehungs- und Zug/Schlag-Versuche lässt sich die Entwicklung bei den Eigenschaften des Formgemischs in Abhängigkeit zum Füllstoffgehalt verfolgen.

Geschildert werden anschliessend mehrere Anwendungen harzhaltiger Verbindungen mit hoher Konzentration an Mineralstoffen ; bei diesen Füllstoffen treten weniger ausgearbeitete Produkte unterschiedlicher Art und Korngrösse auf. Beim ersten, in Betracht gezogenen Bereich handelt es sich um die Instandsetzung, Ausbesserung und Nachbildung von Denkmälern, Kunstwerken oder architektonischen Teilen besonderer Formgebung ; Renovierung des Sockels der Taufbecken in der St. Bartholomäus-Kirche in Lüttich, Nachbildung der Dachziegel für die Bedachung der chinesischen Pagode in Laeken. Weitere Verwircklichungen auf der Grundlage harzhaltiger und stark mit Füllstoffen angereicherter Werkstoffe ermöglichen nicht nur die Verwertung von Steinbruchabfall sondern auch die Ausarbeitung von Werkstoffen, deren kennzeichnende Eigenschaften diejenigen ähnlicher Produkte natürlichen Ursprungs überwiegen : eventuell verstärkte, synthetische Schiefer ; dekorative Nachbildungen mit dem Aussehen blauen Kalksteins oder von Marmor.

Im Rahmen einer generellen Studie über polymerische Haftmittel wird anschliessend ein Beispiel zur Verwendung einer Formulierung auf der Grundlage von Epoxyd-Harz erläutert, und zwar mit Bezugnahme auf die Ergebnisse zahlreicher Versuche, die vor und nach Alterung an Haftmittelprüflingen und geleimten Steinen durchgeführt wurden.

In het kader van een algemene studie over polymeerlijmen wordt daarna een voorbeeld uiteengezet van de toepassing van een formulering op basis van epoxydehars, door gebruik te maken van talrijke resultaten van proeven die voor en na veroudering werden uitgevoerd op lijm- en gelijmde steenmonsters.

SUMMARY

Basing his remarks on actual cases, the author envisages on the one hand the incorporation of very varied quarried products in polymers, and, on the other, the use of resin compounds to enable stone-like materials to be used in various new forms or presentations which bring out their special features.

First of all, the author examines a limestone which has been surface-treated with a rigid PVC and a plastified PVC ; the samples were subjected to various tensile, bending, twisting and impact-tensile tests, so making it possible to study the development of the properties of the mix as a function of the proportion of " filling " material.

The author then goes into details of certain applications of resinous materials with a high concentration of mineral substances ; these filling substances include some which are less complex, and are of varying composition ans size consist. The first field of application is the repair, restoration and reproduction of monuments, works of art and architectural components of special shape : the renovation of the pedestal of the baptismal font of the church of St. Barthélemy at Liège, the reproduction of the tiles in the roof of the Chinese Pagoda in the Royal Park at Laeken. Other applications of resin materials with high concentrations of filler make it possible not only to make an economic use of quarry waste, but also to produce materials which have better characteristics than similar natural products : synthetic slate (possibly reinforced), decorative reconstituted materials resembling fine granite or marble.

Within the framework of a general investigation of polymer adhesives, there is a detailed account of a case of the utilization of an epoxy-resin-based compound ; this is based on an extensive series of experimental results obtained from sample pieces of the adhesives and the stones treated therewith, before and after ageing.

Depuis leur apparition, les polymères ont été utilisés dans des domaines aussi nombreux que variés. Au départ, cependant, bon nombre de leurs qualités sont négligés, ces nouveaux produits étant surtout destinés à reproduire ou imiter des réalisations en matériaux dits traditionnels. Peu à peu, une meilleure connaissance de la chimie et des propriétés des résines les introduit en tant que telles sur le marché, avec souvent pour conséquence la simplification dans d'anciennes fabrications et l'élaboration de nouvelles applications. Dès lors, la conception et la mise en oeuvre des pièces finies se définissent et évoluent en fonction des performances de la résine de base, souvent modifiées par l'adjonction d'additifs variés. Parmi ceux-ci, de nombreuses charges minérales d'origine et de qualité diverses occupent une place importante ; leur choix sera évidemment fonction du rôle auquel on les destine, ainsi que le montreront plus loin quelques exemples.

Les polymères se sont également introduits dans des industries comme celles du bois, de la céramique ou de la pierre, dans le but de transformer les matériaux existants en produits plus évolués et à caractéristiques supérieures.

En nous appuyant sur des cas pratiques, nous envisagerons, d'une part, l'incorporation dans les polymères de produits de carrière de nature très différente et, d'autre part, l'utilisation de composés résineux en vue de valoriser les matériaux pierreux sous des formes ou dans des structures nouvelles.

Avant de passer à quelques exemples, nous rappelons la signification des abréviations pcr (phr en anglais) utilisées par la suite : elles expriment le nombre de parties en poids d'additif que l'on incorpore dans 100 parties de la résine considérée.

Le premier exemple définit l'action d'une craie traitée en surface sur les caractéristiques mécaniques du PVC. Des taux de charge de 5, 10, 20 et 30 pcr ont été successivement considérés, d'une part, dans un PVC rigide et, d'autre part, dans un PVC plastifié à raison de 15, 30 et 50 pcr de DOP.

La mise en oeuvre des éprouvettes s'effectue en plusieurs stades :

1) Le PVC sous forme de poudre est prémélangé avec ses additifs (stabilisant, lubrifiant, plastifiant et charge) dans un mélangeur rapide de marque Spangenberg (± 20 min, vitesse : 2.000 tr/min) (fig. 1).
2) Après refroidissement, sous agitation lente, le mélange est malaxé sur un mélangeur à cylindres Schwabenthan de type universel (fig. 2). Les deux cylindres sont chauffés entre 160°C (pour un PVC

Nadat de polymeren op de markt verschenen werden ze in talrijke en zeer verscheiden domeinen gebruikt. In het begin werd nochtans een groot aantal van hun kwaliteiten verwaarloosd omdat deze nieuwe produkten vooral bestemd waren om verwezenlijkingen in zogenaamde traditionele materialen weer te geven of te imiteren. Stilaan werden ze echter door een betere kennis van de chemie en van de harseigenschappen als dusdanig op de markt gebracht, wat dikwijls een vereenvoudiging in vroegere vervaardigingen en de uitwerking van nieuwe toepassingen tot gevolg had.

Sedertdien worden de opvatting en de uitvoering van de afgewerkte delen omschreven en evolueren ze volgens de verwezenlijkingen van het basishars die dikwijls gewijzigd worden door toevoeging van zeer verscheiden toevoegmiddelen. Hierbij nemen talrijke minerale vulstoffen van diverse oorsprong en kwaliteit een belangrijke plaats in ; de keuze ervan zal natuurlijk afhangen van de rol die ze moeten spelen, zoals dit verder door enkele voorbeelden wordt aangetoond.

De polymeren deden eveneens hun intrede in industrieën zoals de hout-, de ceramiek- en de steenindustrie om de bestaande materialen om te vormen tot verder ontwikkelde produkten met hogere kenmerkende eigenschappen.

Wanneer we ons steunen op praktische gevallen beogen we enerzijds de incorporatie van groeveprodukten van zeer verschillende aard in de polymeren en anderzijds het gebruik van harsverbindingen om steenachtige materialen te valoriseren in nieuwe vormen of structuren.

Alvorens enkele voorbeelden aan te halen herinneren we aan de betekenis van de afkortingen pcr (phr in het Engels) die hierna worden gebruikt : ze drukken het aantal gewichtsdeeltjes van de toevoegstof uit die men in 100 deeltjes van het betrokken hars incorporeert.

Het eerste voorbeeld bepaalt de werking van een krijt, dat aan de oppervlakte werd behandeld, op de mechanische eigenschappen van het PVC. Achtereenvolgens werden opvulpercentages van 5, 10, 20 en 30 pcr nagegaan in een stijf PVC enerzijds en in een geplastificeerd PVC met 15, 30 en 50 pcr DOP anderzijds.

De uitvoering van de proefmonsters verloopt volgens verschillende stadia :

1) Het poedervormig PVC wordt vooraf vermengd met zijn toevoegmiddelen (stabilisator, smeerstof, plastificeermiddel en vulstof) in een snelle mengmolen van het merk Spangenberg (± 20 min, snelheid 2.000 tr/min) (fig. 1).
2) Na afkoeling onder traag roeren wordt het mengsel gekneed op een cylindermengmolen Schwabenthan van het universele type (fig. 2). De twee cylinders worden verwarmd tot een temperatuur

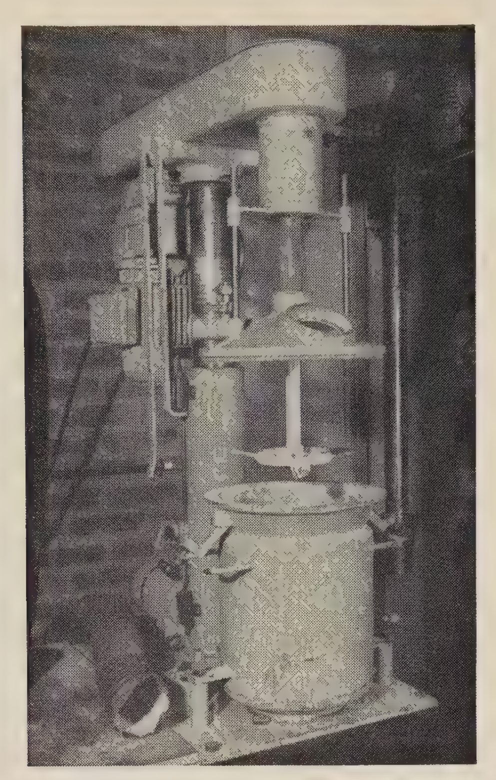


Fig. 1 — Mélangeur rapide avec accessoires pour le travail et la prégélification des PVC. La vitesse est réglable entre 900 tr/min et 4500 tr/min.

Snelle mengmolen met toebehoren voor de bewerking en het vooraf geleiachtig maken van een PVC. De snelheid kan geregeld worden tussen 900 tr/min en 4500 tr/min.

plastifié à 50 pcr de DOP) et 180°C (pour un PVC rigide), le rapport de friction est choisi égal à 1,2. Les " crèpes " ou " peaux " obtenus sont ensuite pressés pour réaliser une plaque d'épaisseur voulue.

3) La presse à plateaux chauffants, de marque Bucher (fig. 3), a une capacité de 100 t avec possibilité de dégazage et de refroidissement. Elle permet de travailler, soit manuellement, soit automatiquement. Dans le cas de nos PVC, la matière est laissée 5 minutes en basse pression, puis une minute en haute pression avant d'être refroidie. La température des plateaux varie de 170°C pour les PVC plastifiés à 50 pcr de DOP, à 200°C pour les PVC rigides. Les plaques ainsi obtenues fourniront les éprouvettes d'essais découpées suivant des dimensions normalisées.

Les essais de traction montrent que la contrainte et l'allongementà la rupture (fig. 4) passent par un maximum pour un taux de charge compris entre 10 et 20 pcr dans le cas des PVC plastifiés ; ce maximum est moins marqué dans le cas du PVC rigide et du mélange à 50 pcr DOP où l'on voit cependant une décroissance de la contrainte en fonction du taux de charge. Les courbes en trait plein expriment la contrainte obtenue en divisant la force par la section initiale ; cette manière habituelle de procéder ne tenant aucun compte de la

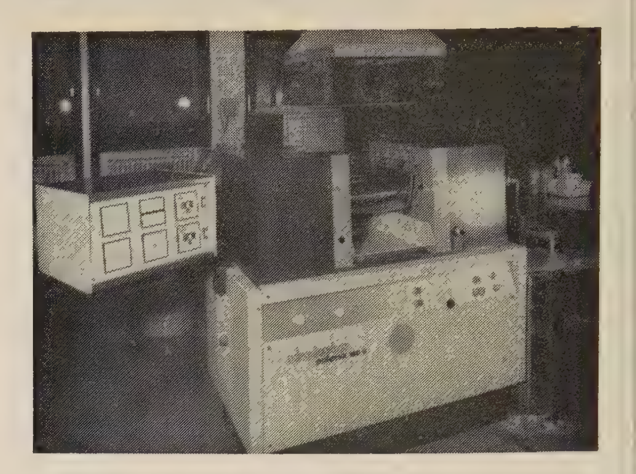


Fig. 2 — Mélangeur à cylindres de type universel. Chaque cylindre peut être chauffé jusque 300°C, la friction est réglable en continu depuis le rapport 1 : 1 jusque 4 : 1.

Cylindermengmolen van het universele type. Elke cylinder kan op 300°C, worden verwarmd, de wrijving is continu regelbaar vanaf de verhouding 1 : 1 tot 4 : 1.

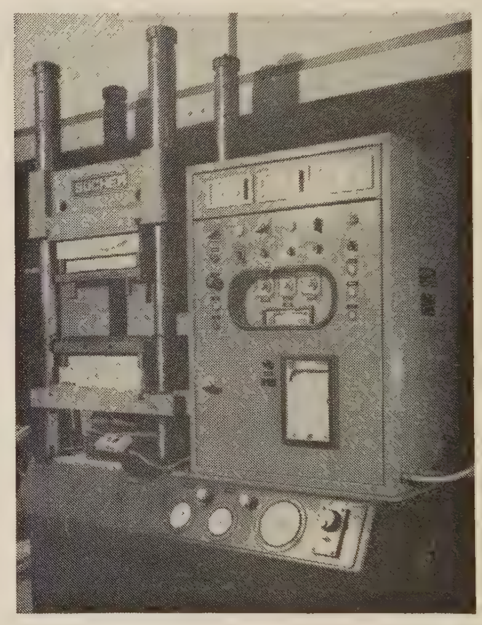


Fig. 3 — Presse à plateaux équipée de son moule permettant de réaliser des plaques de 30 × 40 cm. Les plateaux peuvent être chauffés jusque 300°C.

Pers met platen voorzien van zijn gietvorm waarmee men platen van 30 × 40 cm kan verwezenlijken. De platen kunnen tot 300°C worden verwarmd.

van 160°C (voor een geplastificeerd PVC met 50 pcr DOP) en 180°C (voor een stijf PVC) en als wrijvingsverhouding kiest men 1,2. De zo bekomen " pannekoeken " of " schillen " worden daarna samengeperst om een schijf met de gewenste dikte te bekomen.

3) De pers met verhittingsplaten van het merk Bucher (fig. 3), heeft een vermogen van 100 t met moge-

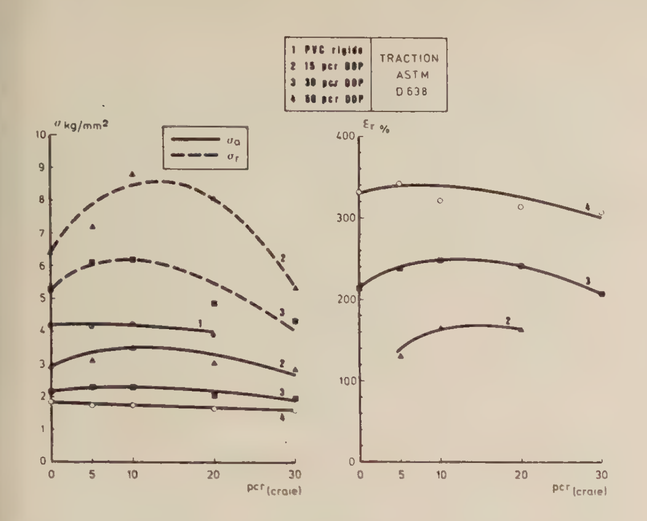
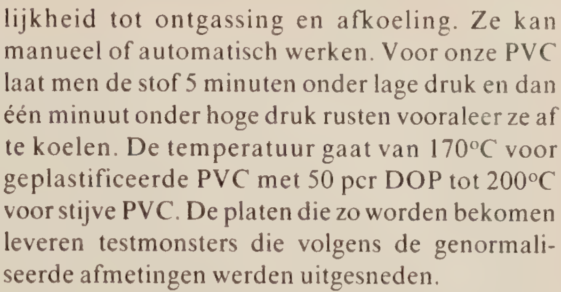


Fig. 4 — Contrainte et allongement à la rupture d'un PVC rigide et de PVC plastifiés en fonction du taux de craie.

Spanning en trek bij breuk van een stijf PVC en van geplastificeerde PVC volgens hun krijtgehalte.

striction importante se produisant dans l'éprouvette, la contrainte réelle a été calculée en mesurant en cours d'essai la section de faible résistance. Les résultats obtenus sont reproduits sur les courbes en pointillé où l'influence de la charge se remarque mieux.

Le module d'élasticité en traction (fig. 5) croît en fonction de la teneur en charge surtout au début du diagramme. Ces constatations se vérifient lors de la détermination du module d'élasticité par des méthodes faisant appel à d'autres types de sollicitations. Dans l'ASTM D-747, l'échantillon considéré comme une poutre encastrée est soumis à un moment de flexion déterminé ; l'élasticimètre " Rolland-Sorin " donne une mesure rapide d'un module d'élasticité conventionnel différent des précédents (fig. 5).



lijkheid tot ontgassing en afkoeling. Ze kan manueel of automatisch werken. Voor onze PVC laat men de stof 5 minuten onder lage druk en dan één minuut onder hoge druk rusten vooraleer ze af te koelen. De temperatuur gaat van 170°C voor geplastificeerde PVC met 50 pcr DOP tot 200°C voor stijve PVC. De platen die zo worden bekomen leveren testmonsters die volgens de genormaliseerde afmetingen werden uitgesneden.

De trekproeven tonen aan dat de spanning en de rek bij breuk (fig. 4) een maximum bereiken voor een opvulpercentage tussen 10 en 20 pcr bij geplastificeerde PVC ; dit maximum is minder uitgesproken bij een stijf PVC en een mengsel met 50 pcr DOP waar men nochtans een vermindering van de spanning waarneemt volgens het opvulpercentage. De voluit getekende kurven geven de spanning weer die bekomen wordt door de kracht te delen door de aanvankelijke doorsnede ; daar deze gewone manier van doen geen rekening houdt met de samentrekking binnen het proefmonster wordt de werkelijke spanning berekend door de doorsnede met zwakke weerstand tijdens de proef te meten. De bekomen resultaten worden voorgesteld door de kurven in stippellijnen waarop de invloed van de vulling beter tot uiting komt.

De modulus van de trekelasticiteit (fig. 5) neemt toe in functie van het vulgehalte, vooral bij het begin van het diagram. Deze vaststellingen worden bevestigd bij de bepaling van de elasticiteitsmodulus door methodes die een beroep doen op andere types van sollicitaties. In de ASTM D-747 wordt het monster dat beschouwd wordt als een ingeklemde ligger onderworpen aan een bepaald doorbuigend moment ; de elasticiteitsmeter " Rolland-Sorin " meet zeer snel de conventionele elasticiteitsmodulus op die verschilt van de vorige (fig. 5).

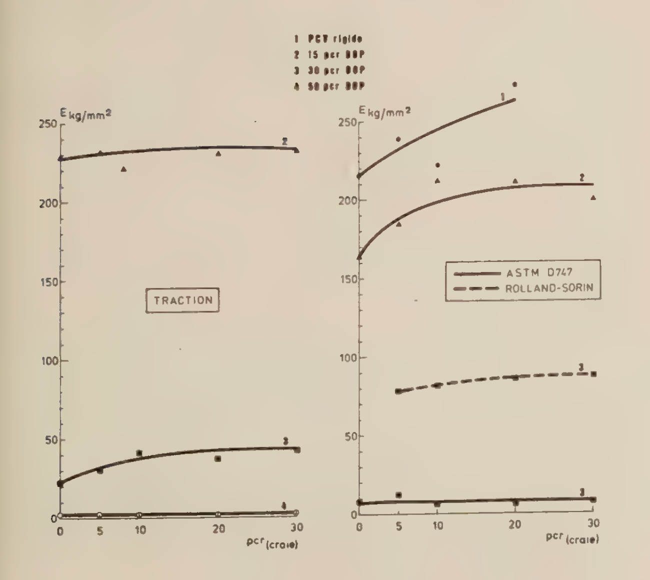


Fig. 5 — Evolution de modules d'élasticité de PVC rigide et plastifiés en fonction du taux de craie.
Diagramme de gauche : essais de traction
Diagramme de droite : essais suivant ASTM D-747 et élasticimètre Rolland-Sorin.

Ontwikkeling van elasticiteitsmodulussen van stijf en geplastificeerd PVC volgens het krijtgehalte.
Linkerdiagram : trekproeven
Rechterdiagram : proeven volgens ASTM D-747 en elasticiteitsmeter Rolland-Sorin.

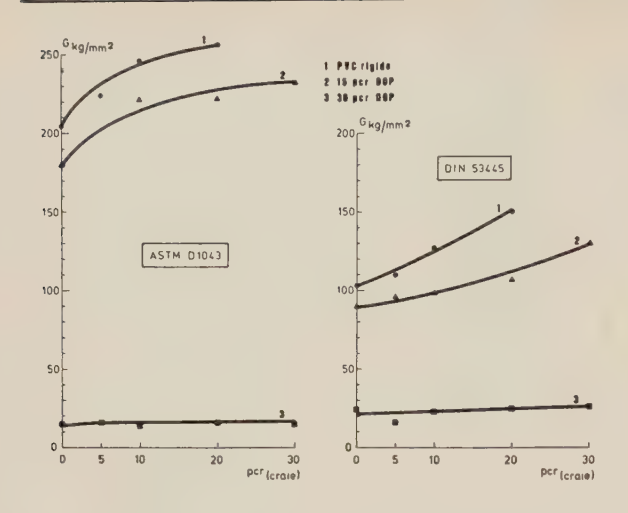


Fig. 6 — Influence du taux de craie sur les caractéristiques en torsion de PVC rigide et plastifiés.
Diagramme de gauche : essais suivant ASTM D-1043
Diagramme de droite : essais suivant DIN 53445

Invloed van het krijtgehalte op de eigenschappen bij wringing van een stijf en geplastificeerd PVC.
Linkerdiagram : proeven volgens ASTM D-1043
Rechterdiagram : proeven volgens DIN 53445

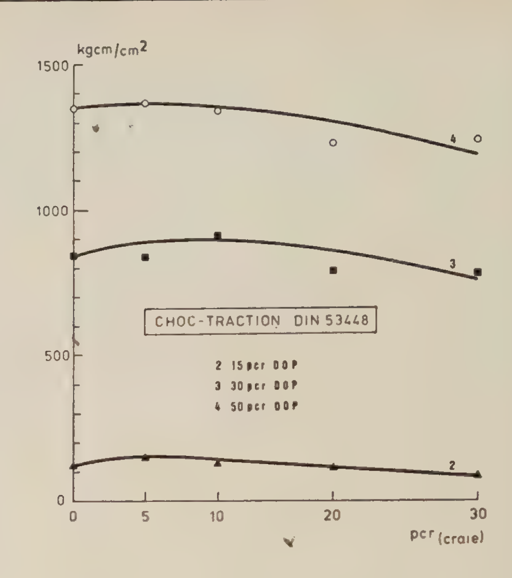


Fig. 7 — Résistance au choc-traction de PVC plastifiés, en fonction du taux de craie.

Schok-trekweerstand van geplastificeerde PVC volgens hun krijtgehalte.

Lors de la détermination du module G au moyen de la norme ASTM D-1043, on mesure la déviation angulaire résultant de l'application à l'éprouvette d'un couple de torsion. L'essai suivant DIN 53445 est un test dynamique de vibrations torsionnelles ; l'éprouvette suspendue à un disque normalisé reçoit une impulsion provoquant l'oscillation libre du système. Les modules ainsi déterminés (fig. 6) augmentent également en fonction du taux de charge, la forme des courbes étant différente (croissance continue) dans le cas de l'essai dynamique.

L'essai de choc-traction n'est pas une simple mesure de la résilience d'une pièce ; il tient également compte de son élasticité. De plus, cette méthode met mieux en évidence les défauts de surface d'une pièce. Lors de l'incorporation de la craie traitée, les caractéristiques passent par un maximum pour des pourcentages compris entre 5 et 10 pcr de charge (fig. 7).

De telles études permettent d'évaluer le rôle que peuvent jouer dans les polymères des charges aussi variées que les silicates, les carbonates, les oxydes, les silices, etc. Les résultats obtenus renseignent, non seulement le producteur de charges minérales, mais également le transformateur de matières plastiques sur les caractéristiques à attendre des formulations considérées.

L'action de ces charges fines, à caractéristiques bien précises et reproductibles, constitue un des volets de la recherche générale entreprise à l'INIEX sur l'incorporation de matières minérales dans les polymères.

Une autre partie de cette recherche envisage l'addition en pourcentage important de produits moins éla-

Bij de bepaling van de modulus G aan de hand van de norm ASTM D-1043 meet men de hoekafwijking ten gevolge van de toepassing van een torsiekoppel. De proef volgens DIN 53445 is een dynamische torsietrillingstest ; het aan een genormaliseerde schijf opgehangen proefmonster ontvangt een impuls die het systeem vrij doet trillen. De zo bepaalde modulussen G (fig. 6) nemen eveneens toe in functie van het opvulpercentage daar de vorm van de kurven verschillend is (toenemende stijging) bij de dynamische proef.

De schok-trekproef meet niet louter de resilientie van een stuk ; zij houdt eveneens rekening met de elasticiteit ervan. Bovendien doet deze methode de oppervlaktegebreken van een voorwerp beter uitkomen. Tijdens de incorporatie van het behandelde krijt bereiken de eigenschappen een maximum bij percentages tussen 5 en 10 pcr vulstof (fig. 7).

Dank zij dergelijke studies kan men zich een idee vormen van de rol die de toch zo verscheiden vulstoffen als de silicaten, carbonaten, kiezels, enz. kunnen spelen bij de polymeren. De bekomen resultaten lichten niet alleen de produkteur van minerale vulstoffen in, over de te verwachten eigenschappen van de formuleringen in kwestie, maar ook de transformator van kunststoffen.

De werking van deze fijne vulstoffen waarvan de kenmerken zeer duidelijk zijn en opnieuw kunnen worden weergegeven, is een luik van de algemene navorsingen van het NIEB over de incorporatie van minerale stoffen in polymeren.

Een ander deel van deze navorsingen beoogt het toevoegen met een aanzienlijk percentage, van minder

borés dont la granulométrie peut varier dans des intervalles importants. La terminologie utilisée pour ces résines synthétiques fortement chargées n'est pas toujours bien définie ; nous simplifierons ici le vocabulaire en appelant bétons résineux aussi bien les matériaux ayant un agrégat relativement fin (de 0 à 2 à 3 mm) que ceux ayant un agrégat plus gros. Si, dans les bétons classiques, le ciment représente un produit peu coûteux, il ne fournit qu'une colle de médiocre qualité dont la pâte n'adhère que faiblement sur la plupart des matériaux. Les caractéristiques d'adhésivité remarquables de nombreuses résines synthétiques en font des liants de choix possédant d'excellentes propriétés mécaniques et chimiques capables de transmettre les efforts de traction et de cisaillement.

Les bétons résineux les plus courants sont à base de résines de polyester ou époxydes. Leurs caractéristiques mécaniques atteignent habituellement plus de 1.000 kg/cm^2 en compression, 250 kg/cm^2 en flexion, 100 à 150 kg/cm^2 en traction. Les modules d'élasticité varient entre 250.000 et 350.000 kg/cm^2. Les bétons de résine possèdent également d'excellentes résistances chimiques, un coefficient de rugosité très faible et présentent l'avantage de durcir en quelques heures. Ces propriétés ont été utilisées dans plusieurs applications du génie civil ; on peut citer notamment : les caniveaux pour le chauffage urbain en Suisse (résistance mécanique aux engins de terrassement), les caniveaux d'écoulement des eaux dans les stades (réduction de la section et de l'épaisseur de paroi en raison des meilleures résistances et du coefficient de frottement plus favorable), les coquilles résistant à l'usure pour le détournement des eaux de montagnes en Suisse (économie de poids, meilleur glissement empêchant l'entassement de cailloux, résistance supérieure au gel-dégel et à l'érosion), les avaloirs d'égouts coulés aux Pays-Bas (résistance à la corrosion), les tuyaux pour l'évacuation des eaux corrosives et industrielles en Allemagne (résistances mécaniques et chimiques). Cependant, le prix élevé de la résine de base nécessite la production en grandes séries, c'est-à-dire l'existence de gros marchés, ou limite l'emploi de ces matériaux à des applications spéciales où leurs qualités de résistance et de mise en oeuvre les rendent compétitifs.

Un domaine particulier où les bétons résineux trouvent un débouché intéressant est celui de la réparation, la reproduction, la restauration et la consolidation de monuments ou d'oeuvres d'art en général. Des édifices classés ont subi au cours des siècles des dégradations importantes. Plutôt que de remplacer la totalité d'une pierre ou d'un ensemble, il est intéressant de réparer seulement la partie abîmée au moyen notamment de produits reconstitués imitant le matériau d'origine. Les réparations peu importantes peuvent s'effectuer sur place au moyen d'un béton résineux

zorgvuldig bewerkte produkten waarvan de korrelsamenstelling in grote intervallen kan verschillen. De gebruikte terminologie voor deze sterk gevulde synthetische harsen staat niet altijd vast ; we zullen hier de woordenschat vereenvoudigen door zowel de materialen met een betrekkelijk fijn agregaat (0 à 2 à 3 mm) als die met een dikker agregaat, de benaming harsbeton te geven. Alhoewel het cement een goedkoop produkt is bij de klassieke betonsoorten levert het toch maar lijm van mindere kwaliteit waarvan de brij slechts lichtjes op de meeste materialen kleeft. De opmerkelijke kleefeigenschappen maken van talrijke synthetische harsen, goede bindmiddelen, met uitstekende mechanische en chemische eigenschappen die de trek- en afschuivingsspanningen kunnen doorgeven.

De meest gebruikelijke harsbetonnen zijn samengesteld op basis van polyester- of epoxydehars. Hun mechanische eigenschappen bereiken gewoonlijk meer dan 1.000 kg/cm^2 bij samendrukking, 250 kg/cm^2 bij buiging, 100 à 150 kg/cm^2 bij trek. De elasticiteitsmodulussen liggen tussen 250.000 en 350.000 kg/cm^2. Het harsbeton bezit eveneens een uitstekende chemische weerstand, een klein ruwheidscoëfficiënt, en het heeft het voordeel dat het in enkele uren opstijft. Deze eigenschappen werden gebruikt in vele toepassingen van de burgerlijke bouwkunde ; vermelden we ondermeer : de leidingskanalen voor de stadsverwarming in Zwitserland (mechanische weerstand aan de grondwerktoestellen), de waterafvoerkanalen in de stadions (beperking van de wanddoorsnede en -dikte wegens de betere weerstand en een gunstiger wrijvingscoëfficiënt), slijtvaste schelpvormige goten voor de omlegging van bergwater in Zwitserland (gewichtsbesparing, betere glijding die de opstapeling van keien verhindert, grotere weerstand tegen vorst-dooi en erosie), gegoten rioolkolken in Nederland (weerstand tegen corrosie), afvoerbuizen voor bijtend en industrieel water in Duitsland (mechanische en chemische weerstand). Nochtans is wegens de hoge prijs van het basishars produktie in grote hoeveelheden nodig, d.w.z. het bestaan van uitgebreide afzetgebieden, ofwel moet het gebruik van deze materialen beperkt worden tot speciale toepassingen waar ze kunnen concurreren wegens hun goede weerstands- en uitvoeringseigenschappen.

Op gebied van de herstelling, de weergave, de restauratie en de versteviging van monumenten of kunstwerken in het algemeen, vindt het harsbeton een interessante afzet. De gebouwen die als historisch worden beschouwd werden gedurende eeuwen aanzienlijk beschadigd. In plaats van een hele steen of een heel onderdeel te vervangen is het interessant enkel het beschadigde gedeelte te herstellen, onder andere door middel van opnieuw samengestelde produkten die het oorspronkelijk materiaal imiteren. Kleine herstellingen kunnen onmiddellijk of na zandprojectie ter



Fig 8 — Tuiles pour la Pagode Chinoise de Laeken : à droite, tuile originale; à gauche, tuile en béton résineux.

Dakpannen voor de Chinese Pagode in Laken : rechts, oorspronkelijke dakpan; links, dakpan van harsbeton.



Fig. 9 — Rénovation du socle des Fonts Baptismaux de l'église St-Barthélemy. La face supérieure du socle primitif et le rebord en biseau sont recouverts d'une couche de quelques millimètres de béton résineux.

Vernieuwing van de sokkel van de doopvont van de St-Barthélemy-kerk. De bovenzijde van de oude sokkel en de afgeschuinde kant zijn bedekt met een harsbetonlaag van enkele millimeters.

donnant, directement ou après sablage, l'aspect de surface recherché. Pour des réparations plus importantes, la coulée d'éléments massifs sera réalisée en usine ; ceux-ci sont ensuite collés sur chantier ou fixés éventuellement par boulonnage. Dans tous ces travaux, la partie moulée en béton résineux peut, soit reproduire exactement le motif initial, soit être surdimensionnée afin de permettre un travail ultérieur conférant au béton l'aspect de l'ensemble.

Parmi les réalisations de l'INIEX dans ce domaine, certaines ont nécessité l'emploi des bétons résineux en vue de reproduire des pièces présentant des formes particulières ou n'existant qu'à de très rares exemplaires. Un exemple est donné à la figure 8 : ces types de tuiles, dont certaines sont cassées, recouvrent la toiture de la Pagode Chinoise située à Laeken. L'une des deux tuiles est l'originale, l'autre est une imitation en béton résineux avec gel-coat de surface.

La figure 9 se rapporte à la restauration d'oeuvres appartenant à la communauté ou protégées par elle ; lors de la rénovation du socle des Fonts Baptismaux de l'église St-Barthélemy à Liège, on s'est aperçu que le calcaire de Vinalmont choisi pour réaliser la nouvelle marche et la couronne périphérique était très différent du socle en béton au point de vue aspect et teinte. Pour ne pas déplacer la cuve en bronze et risquer alors de la dégrader, nous avons appliqué sur toutes les parties apparentes du socle primitif une couche de plusieurs millimètres d'une résine époxyde fortement chargée et

plaatse worden uitgevoerd door middel van een harsbeton dat het oppervlak het gewenste uitzicht geeft. Voor omvangrijker herstellingen worden de zware elementen in de fabriek gegoten ; deze worden dan in de werkplaats gekleefd of eventueel vastgezet door ankerbouten. Bij al deze werkzaamheden kan het in harsbeton gegoten gedeelte ofwel het oorspronkelijk motief juist weergeven ofwel grotere afmetingen hebben om later aan het beton het uitzicht van het geheel te geven.

Voor sommige verwezenlijkingen van het NIEB op dit vlak moest men harsbeton gebruiken om voorwerpen met speciale vorm of waarvan er nog slechts een beperkt aantal bestaan weer te geven. Op figuur 8 vindt u een voorbeeld : deze soorten dakpannen waarvan sommige gebroken zijn liggen op het dak van de Chinese Pagode in Laken. Een van de twee is een oorspronkelijke dakpan, de andere is een imitatie in harsbeton met een gel-coat-oppervlak.

Figuur 9 heeft betrekking op de restauratie van kunstwerken die behoren tot de gemeenschap of door haar worden beschermd ; bij de vernieuwing van de doopvontsokkel van de St-Barthélemy-kerk in Luik stelde men vast dat de kalksteen van Vinalmont die men had gekozen om de nieuwe trede en de buitenkroon te maken, in uitzicht en tint verschilde van de betonnen sokkel. Om de doopvont niet te moeten verplaatsen en zo het risico te lopen ze te beschadigen hebben we op de zichtbare delen van de oorspronke-

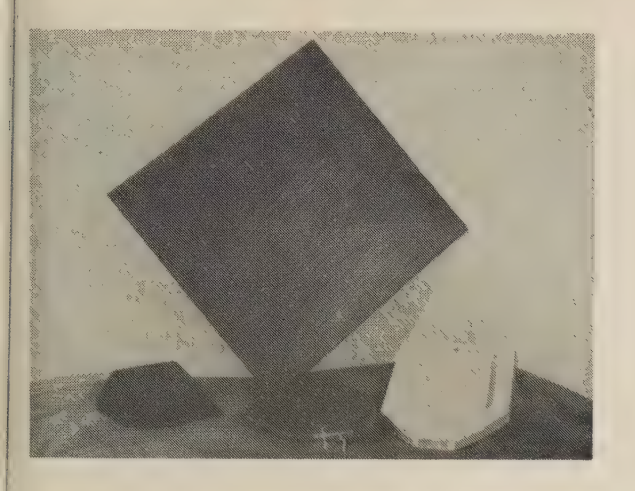


Fig. 10 — Ardoise synthétique de (600 × 600 × 2) mm; à l'avant de celle-ci, on peut voir de gauche à droite, une ardoise synthétique plus petite de forme et d'aspect différents, l'ardoise naturelle ayant servi de modèle et le moule en caoutchouc silicone.

Synthetische leisteen van (600 × 600 × 2) mm; ervoor ziet men van links naar rechts, een synthetische kleinere leisteen met verschillende vorm en uitzicht, de natuurleisteen die diende als model en de gietvorm van siliconerubber.

teintée. Un ponçage ultérieur a rendu une uniformité à l'ensemble.

Indépendamment d'imitations de différents types de pierres comme des tuffeaux ou des grès, l'INIEX a envisagé l'utilisation de résines de polyester fortement chargées en vue de réaliser des ardoises synthétiques (fig. 10). Ces matériaux contiennent 20 à 25 % de résine de polyester suivant, d'une part, la granulométrie et le type de charges utilisées et, d'autre part, la technique de mise en oeuvre (vibrations, compression, damage). La forme et la dimension des pièces finies dépendent du moule de départ, dans lequel on peut reproduire des joints fictifs ou tout autre aspect particulier. Les ardoises synthétiques sont évidemment moins friables que les naturelles et leurs bonnes caractéristiques mécaniques permettent de les envisager en épaisseur moindre, surtout pour de grands éléments qui peuvent être renforcés à la mise en oeuvre par l'incorporation d'une ou de plusieurs couches de mat ou de tissu de verre.

Au point de vue rentabilité, le procédé paraît surtout compétitns la réalisation de grandes ardoises ou de panneaux, d'autant plus que les ardoises synthétiques peuvent être conçues de façon à simplifier le travail de pose qui grève lourdement le prix.

L'INIEX s'est également penché sur un autre type de béton résineux : les reconstitués décoratifs qui permettent de valoriser les déchets de carrière sous forme d'un matériau possédant d'excellentes caractéristiques (tableau I). Le premier stade de cette étude a été développé, il y a deux ans, lors de la précédente Journée des Carriers.

Pour rappel, le matériau coulé en gros blocs ou laminé en couche mince, était alors constitué de 12 % de résine polyester, la granulométrie du composé minéral ne dépassant pas 8 mm (fig. 11). Depuis lors, nous avons envisagé l'incorporation de concassés dont la granulométrie peut atteindre 150 mm en ne nous limitant pas seulement au petit granit, mais en nous tournant également vers les marbres typique-

lijke sokkel een sterk gevulde en gekleurde laag epoxydehars van verschillende millimeters aangebracht. Later werd het geheel gladgeschuurd om een uniform uitzicht te hebben.

Onafhankelijk van de imitaties van verschillende soorten stenen als mergelsteen of zandsteen is het NIEB van plan sterk gevuld polyesterhars te gebruiken om synthetische leistenen te vervaardigen (fig. 10). Deze materialen bevatten 20 à 25 % polyesterhars naargelang van de korrelsamenstelling en de gebruikte soort vullingen enerzijds, en naargelang van de uitvoeringstechniek (trillingen, samendrukking, aanstamping) anderzijds. De vorm en de afmetingen van de eindprodukten zijn afhankelijk van de begingietvorm waarin men fictieve naden of elk ander bijzonder uitzicht kan aanbrengen. De synthetische leistenen zijn vanzelfsprekend niet zo brokkelachtig als natuurleistenen en wegens hun goede mechanische eigenschappen beoogt men de dikte ervan te beperken, vooral voor grote elementen die bij de uitvoering kunnen worden versterkt door de incorporatie van een of meerdere glasmat- of glasvezellagen.

Wat de rendabiliteit betreft blijkt het procédé goed te kunnen concurreren bij de verwezenlijking van grote leistenen of panelen vooral daar ze zo kunnen worden ontworpen dat ze het dure plaatsingswerk vereenvoudigen.

Het NIEB heeft ook een ander type harsbeton bestudeerd : de decoratieve hersamengestelde produkten waarmee men de afvalprodukten uit de groeven kan valoriseren in de vorm van een materiaal met uitstekende kenmerkende eigenschappen (tabel I). Het eerste stadium van deze studie werd twee jaar geleden ontwikkeld tijdens de vorige Dag van de Groefontginners.

Ter herinnering vermelden we dat het in grote blokken gegoten of in dunne lagen gewalste materiaal toen bestond uit 12 % polyesterhars en de korrelsamenstelling van de minerale verbinding niet groter was dan 8

TABLEAU I – *TABEL I*

Caractéristiques de bétons résineux décoratifs à base de résine de polyester (12 % par rapport au poids total)

Kenmerkende eigenschappen van decoratief harsbeton op basis van polyesterhars (12 % t.o.v. het totaal gewicht)

Caractéristiques étudiées *Bestudeerde eigenschappen*	Résultats (moyennes) *Resultaten (gemiddelde)*
Résistance à la flexion (kg/cm²) *Buigsterkte (kg/cm²)*	203
Résistance à la compression (kg/cm²) *Drukvastheid (kg/cm²)*	1.271
Usure (mm) : *Slijtage (mm) :*	
– après 1.000 m – *na 1.000 m*	0.6
– après 2.000 m – *na 2.000 m*	1.5
– après 3.000 m – *na 3.000 m*	2.2
Gélivité (15 cycles) *Bevriesbaarheid (15 cyclussen)*	Aucune dégradation visible *Geen zichtbare beschadiging*
Réaction au feu *Reactie t.o.v. vuur*	Indice de réaction au feu : nul (suivant le test Herpol : projet NBN 713-030) *Vuurreactie-index : nul (volgens Herpol-test : project NBN 713-030)*
Absorption d'eau (%) *Wateropslorping (%)*	
– à température ordinaire *bij gewone temperatuur*	0.15
– sous ébullition *op kookpunt*	0.16
Conductivité thermique (kcal/mh°C) *Warmtegeleidbaarheid (kcal/mh°C)*	0.254
Résistance chimique *Chemische weerstand*	Semblable au marbre naturel *Gelijk aan natuurmarmer*
Vieillissement accéléré (1.000 h au Xénotest 150) *Versnelde veroudering (1.000 h bij Xénotest 150)*	Aucune variation dans le ton (teinte examinée : verte) *Geen wijziging in de kleur (onderzochte tint : groen)*

ment belges (fig. 12). En fonction de la forme des concassés et du choix de leur étalement granulométrique, le pourcentage en résine a été sensiblement diminué (4.5 à 5.5 % du poids total pour certaines formulations). En adaptant la teinte du liant, on obtient avec plus ou moins de bonheur l'aspect des matériaux naturels : Rouge Belge, Noir Belge, Bleu Belge, Ste-Anne, etc. Ce type d'application, non seulement permet de récupérer les déchêts non utilisés, mais également rend possible la rentabilisation d'une exploitation au simple niveau de l'extraction.

mm (fig. 11). Sindsdien beogen we ook de incorporatie van brokkelstenen waarvan de korrelsamenstelling 150 mm kan bedragen. We beperken ons niet enkel tot hardsteen maar richten ons ook naar typisch Belgische marmer (fig. 12). Naargelang van de vorm van de brokkelstenen en van de keuze van hun korrelspreiding werd het harspercentage sterk verminderd (4,5 à 5,5 % van het totaal gewicht voor bepaalde formuleringen). Door de tint van het bindmiddel aan te passen bekomt men met wat geluk het uitzicht van de natuurlijke materialen : Rouge Belge, Noir Belge, Bleu Belge,

Fig. 11 — Aggloméré à base de résine de polyester et de déchets de carrières dont la dimension maximum des grains ne dépasse pas 8 mm.

Agglomeraten op basis van polyesterhars en groeve-afvalprodukten waarvan de korrels niet meer dan 8 mm meten.

Comme suite à des contacts avec des firmes européennes s'intéressant à des produits analogues, l'INIEX dispose de tous les renseignements nécessaires pour équiper une installation de production en continu.

Pour terminer, nous envisagerons quelques composés résineux dont l'emploi dans l'industrie des carriè-

Ste-Anne, enz. Met deze toepassing kan men niet alleen de ongebruikte afvalprodukten recupereren maar ook de rendabiliteit van een ontginning op het vlak van de extractie mogelijk maken.

Daar het NIEB contact heeft opgenomen met alle Europese firma's die zich interesseren voor dergelijke produkten, bezit het alle nodige gegevens om een installatie voor continuproduktie uit te rusten.

Om te besluiten zullen we enkele harsverbindingen beschouwen waardoor men in de groeve-industrie de steenachtige materialen in een verbeterde vorm of in een nieuw ontwerp heeft kunnen voorstellen. Het doordrenken met vloeibaar hars van gescheurde of eenvoudigweg slappe elementen vormde het onderwerp van talrijke studies van het NIEB ; dit was ook het geval voor de bescherming van oppervlakken met

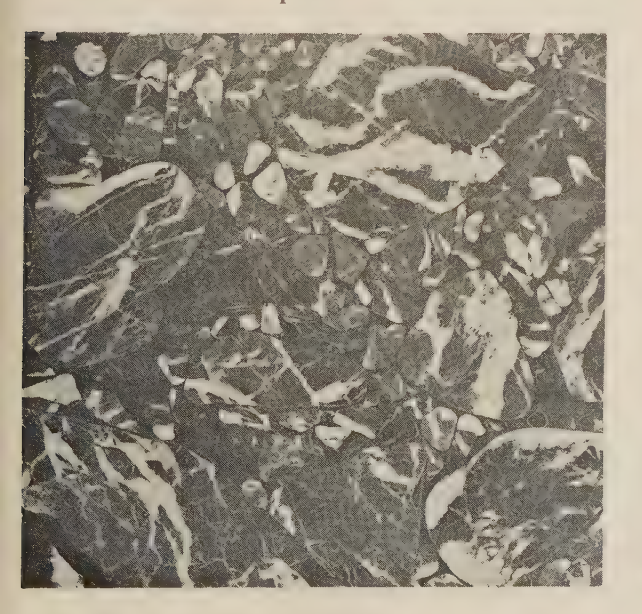


Fig. 12 — Aggloméré à base de résine de polyester et de concassés de pierre du pays. Dans ce cas, le liant résineux est teinté de façon à donner au matériau l'aspect du Bleu Belge. Le pourcentage en composant résineux est de 5,2 %.

Agglomeraten op basis van polyesterhars en inheemse brokkelstenen. In dit geval is het harsbindmiddel zo gekleurd dat het aan het materiaal het uitzicht van Bleu Belge geeft. Het percentage harsverbinding bedraagt 5,2 %.

TABLEAU II – *TABEL II*

ESSAIS DE FLEXION – *BUIGINGSPROEVEN*
(méthode des 4 points d'appui) *(methode met vier steunpunten)*

Dimensions des éprouvettes :

– épaisseur = ± 12 mm = h
– portée = (16 ± 1) h
– longueur moyenne ⩾ 20 h
– largeur moyenne = ± 10 cm

Les éprouvettes collées sont d'abord sciées à mi-longueur :

a) épaisseur du joint minimum et pression maintenue pendant le durcissement
b) épaisseur du joint minimum
c) épaisseur du joint : 1 mm
d) épaisseur du joint : 2 mm

Les différents essais sont effectués après 7 jours minimum de durcissement.

Afmetingen van de proefmonsters :

– dikte = ± 12 mm = h
– draagwijdte = (16 ± 1) h
– gemiddelde lengte ⩾ 20 h
– gemiddelde breedte = ± 10 cm.

De gelijmde proefmonsters worden eerst in de lengte middendoor gezaagd :

a) *dikte van de minimumnaad en vaste druk tijdens de verharding*
b) *dikte van de minimumnaad*
c) *dikte van de naad : 1 mm*
d) *dikte van de naad : 2 mm.*

De verschillende proeven werden uitgevoerd na minimum 7 dagen verharding.

Traitement des éprouvettes *Behandeling van de proefmonsters*	Contrainte de rupture moyenne (kg/cm²) *Gemiddelde breukspanning (kg/cm²)* Référence *Referentie*	Collés *Gelijmd*		
Avant vieillissement *Vóór veroudering*	276	a)	259	(1 + 3)
		b)	239	(1 + 3)
		c)	223	(2 + 3)
		d)	204	(2)
15 cycles gel-dégel *15 vries-dooi cyclussen*	197	a)	187	(3)
		b)	183	(3)
		c)	177	(2)
		d)	189	(2)
30 cycles gel-dégel *30 vries-dooi cyclussen*	233		137	(2)
60 cycles gel-dégel *60 vries-dooi cyclussen*	211		156	(2 + 3)
1 mois dans H_2O *1 maand in H_2O*	214		187	(3)
2 mois dans H_2O *2 maand in H_2O*	165		121	(2)
3 mois dans H_2O *3 maand in H_2O*	179		132	(2)

1 rupture dans la pierre
2 rupture à l'interface colle-pierre sans trace d'adhérence
3 rupture à l'interface colle-pierre avec adhérence
4 rupture en partie dans la pierre, en partie à l'interface

1 *breuk in de steen*
2 *breuk aan de binnenkant lijm-steen zonder kleefsporen*
3 *breuk aan de binnenkant lijm-steen met aankleving*
4 *breuk gedeeltelijk in de steen en gedeeltelijk aan de binnenkant.*

res a permis de présenter les matériaux pierreux sous des formes améliorées ou dans des conceptions nouvelles. L'imprégnation par des résines fluides d'éléments fissurés ou simplement déforcés a fait l'objet de plusieurs études à l'INIEX ; il en est de même pour la protection des surfaces par des revêtements polymériques. Pour ces différentes réalisations, le choix de la résine dépend de nombreux paramètres, tels la nature et les dimensions de la pièce, l'importance et le type de traitement souhaité. Nous n'entrerons pas dans le détail de ces techniques pour nous consacrer plus particulièrement à quelques considérations sur l'emploi de colles polymériques.

Notre Institut a abordé depuis plusieurs années l'utilisation des adhésifs dans le domaine des pierres. De nombreux essais ont été effectué sur différentes formulations à base notamment de résines de polyester et époxydes. Les résultats envisagés ici se rapportent aux caractéristiques enregistrées lors du collage du petit granit avec une formule époxyde mise en oeuvre dans nos laboratoires. Les essais sur la colle démontrent que celle-ci est supérieure au petit granit en traction et en flexion, les résistances en compression étant équivalentes. Cependant, la porosité de cette pierre étant faible, il est primordial de vérifier l'adhérence entre colle et pierre en tenant compte des conditions réelles d'utilisation. C'est pourquoi, des essais de vieillissement accéléré ont été entrepris. Les échantillons collés ont été soumis à une série de cycles gel-dégel ou immergés plusieurs mois dans l'eau. Les pierres sont parfaitement nettoyées et séchées avant collage. Dans certains cas les faces à encoller sont bouchardées afin de vérifier si une telle préparation mécanique de surface a un effet favorable sur les caractéristiques d'adhérence. Avant de commencer les essais, on laisse durcir les échantillons collés pendant au moins sept jours à la température du laboratoire.

Le tableau II donne les valeurs obtenues en flexion sur des plaques relativement minces ; l'influence de paramètres, telles l'épaisseur du joint et la pression de collage, sont ainsi mises en évidence : avant vieillissement, on observe notamment que les joints plus épais (1 et 2 mm) sont défavorables, cet effet étant moins marqué après vieillissement. Au vu de ces premiers résultats, les collages suivants seront effectués en réalisant un joint mince et en maintenant la pression pendant les premières heures du durcissement. D'autre part, les essais sur le petit granit de référence révèlent que celui-ci est parfois sensible au vieillissement, ce qui peut être dû à l'hétérogénéité du matériau.

Le tableau III passe en revue les résultats obtenus en soumettant différents types d'éprouvettes à diverses sollicitations. On peut dire, en général, qu'avant vieillissement les caractéristiques des échantillons collés sont celles du petit granit, la cassure se produisant d'ailleurs dans ce dernier. Après vieillissement, la rupture se produit presque toujours à l'interface entre petit

polymeerbekleding. Voor deze verschillende verwezenlijkingen is de keuze van het hars afhankelijk van talrijke parameters zoals de aard en de afmetingen van het voorwerp, het belang en het type van de gewenste behandeling. We geven geen gedetailleerde beschrijving van deze technieken maar wel maken we in het bijzonder enkele overwegingen over het gebruik van polymeerlijm.

Ons Instituut houdt zich ook reeds sedert jaren bezig met het gebruik van kleefmiddelen op gebied van stenen. Talrijke proeven werden uitgevoerd op verschillende formuleringen op basis ondermeer van polyester- en epoxydeharsen. De hier voorgestelde resultaten hebben betrekking op de kenmerkende eigenschappen die in ons laboratorium tijdens het kleven van hardsteen met een epoxydeformule werden waargenomen. De proeven op de lijm tonen aan dat de trek en de buiging ervan groter zijn terwijl de drukvastheid gelijk is. Daar de poreusheid van deze steen zwak is, is het nochtans van uiterst belang het kleefvermogen tussen de lijm en de steen na te gaan rekening gehouden met de werkelijke gebruiksomstandigheden. Daarom werden versnelde verouderingsproeven ondernomen. De gelijmde monsters werden onderworpen aan een reeks vries-dooi cyclussen of gedurende maanden onder water gehouden. De stenen werden vóór het kleven gereinigd en gedroogd. In bepaalde gevallen werden de te lijmen zijden gebouchardeerd om na te gaan of een dergelijke mechanische bereiding van het oppervlak een gunstige invloed heeft op de kleefeigenschappen. Alvorens te beginnen met de proeven laat men de gelijmde monsters gedurende ten minste zeven dagen verharden bij laboratorium-temperatuur.

Tabel II geeft de bekomen waarden aan van de buiging op betrekkelijk dunne platen ; de invloed van de parameters, zoals de dikte van de naad en de lijmdruk komen hier goed tot uiting : voor de veroudering stelt men ondermeer vast dat de dikkere naden (1 en 2 mm) geen gunstige invloed hebben, terwijl dit effect na de veroudering niet zo duidelijk is. Na vaststelling van deze eerste resultaten zullen de volgende kleefwerkzaamheden worden uitgevoerd met een dunne naad en met een vaste druk tijdens de eerste uren van de verharding. Anderzijds tonen de proeven op het referentiehardsteen aan dat deze soms gevoelig is aan veroudering. Dit kan te wijten zijn aan het heterogeen karakter van het materiaal.

Tabel III geeft een overzicht van de resultaten die werden bekomen door verschillende types proefmonsters aan diverse sollicitaties te onderwerpen. In het algemeen kan men zeggen dat vóór de veroudering de kenmerken van de gelijmde monsters gelijk zijn aan die van het hardsteen en de breuk doet zich meestal in deze laatste voor. Na veroudering doet de breuk zich vrijwel altd aan de binnenzijde tussen het hardsteen en de lijmnaad voor, maar nooit binnen de lijm zelf. De

TABLEAU III

ESSAIS SUR PETIT GRANIT COLLE

Après collage, on laisse durcir pendant au moins 7 jours à 23 ± 2°C avant de soumettre les éprouvettes aux différents essais mécaniques et de vieillissement.

Dimensions et formes des éprouvettes	Type d'essai	Etat de surface	Résultats (Moyennes)						
			Non vieillis	Vieillis					
				Cycles gel-dégel			Immersion dans H_2O		
				15	30	60	1 mois	2 mois	6 mois
4 × 4 × 16 cm	Flexion : contrainte à la rupture (kg/cm²)	Sciés	268 (1)	200 (3)	165 (2)	136 (2)	222 (2 + 3)	260 (3)	164 (2)
		Sciés + bouchardés			127 (3)	119 (2)	167 (3)	134 (3)	
3 éléments de 4 × 4 × 2 cm	Compression : (double cisaillement)	Sciés	1600 (1)	1600 (2)			1340 (2 +)	2000 (1 + 3)	1526 (2)
	Charge de rupture (kg)	Sciés + bouchardés	2265 (1 + 3)	1680 (1 + 2)	1410 (2)	1327 (2)	1700 (2)	1625 (2 + 3)	
~ 17° 4 × 4 × 16 cm	Compression : Charge de rupture (kg)	Sciés	15000 (4)	13500 (4)	8400 (4)	10150 (4)	9950 (4)	6450 (4)	10100 (2 + 4)

1 rupture dans la pierre
2 rupture à l'interface colle-pierre sans trace d'adhérence
3 rupture à l'interface colle-pierre avec adhérence
4 rupture en partie dans la pierre, en partie à l'interface.

TABEL III

PROEVEN OP GELIJMDE HARDSTEEN

Na het lijmen en alvorens de proefmonsters te onderwerpen aan de verschillende mechanische en verouderingsproeven, laat men ze tijdens ten minste 7 dagen bij 23 ± 2°C verharden.

Afmetingen en vorm van de proefmonsters	*Type proef*	*Staat van het oppervlak*	*Resultaten (Gemiddelden)*						
			Niet verouderd	*Verouderd* — *vries-dooi cycl.*			*onderdompeling in H_2O*		
				15	30	60	1 *md*	2 *md*	6 *md*
4 × 4 × 16 cm	*Buiging :*	*Gezaagd*	268 (1)	200 (3)	165 (2)	136 (2)	222 (2 + 3)	260 (3)	164 (2)
	breukspanning (kg/cm²)	*Gezaagd + gebouchardeerd*			127 (3)	119 (2)	167 (3)	134 (3)	
3 elementen van 4 × 4 × 2 cm	*Samendrukking : (dubbele afschuiving)*	*Gezaagd*	1600 (1)	1600 (2)			1340 (2 +)	2000 (1 + 3)	1526 (2)
	Breuklast (kg)	*Gezaagd + gebouchardeerd*	2265 (1 + 3)	1680 (1 + 2)	1410 (2)	1327 (2)	1700 (2)	1625 (2 + 3)	
~ 17° 4 × 4 × 16 cm	*Samendrukking : Breuklast (kg)*	*Gezaagd*	15000 (4)	13500 (4)	8400 (4)	10150 (4)	9950 (4)	6450 (4)	10100 (2 + 4)

1 *breuk in de steen*
2 *breuk aan de binnenkant lijm-steen zonder kleefsporen*
3 *breuk aan de binnenkant lijm-steen met aankleving*
4 *breuk gedeeltelijk in de steen en gedeeltelijk aan de binnenkant.*

granit et joint de colle, mais jamais dans la colle elle-même. Les propriétés mécaniques diminuent pour atteindre au minimum 50 % environ des caractéristiques initiales. L'effet favorable d'une préparation mécanique de surface par bouchardage n'est pas démontré.

L'exemple qui précède fait partie d'une étude plus générale sur les possibilités et les limitations des colles polymériques. Si on veut exploiter au maximum leurs remarquables qualités, il faut en effet adapter la formulation en fonction de l'application et du type de matériau considéré : une colle conseillée pour des travaux en atelier n'est pas nécessairement applicable dans un chantier ouvert (pluie, humidité, température basse), une composition renfermant un pourcentage en charge trop élevé peut être défavorable pour un matériau peu poreux (mouillabilité diminuée), etc.

Les travaux développés ci-dessus ne constituent que quelques exemples de l'utilisation des polymères en relation avec l'industrie des carrières. Nous espérons qu'ils vous auront montré l'intérêt que représentent les résines synthétiques judicieusement utilisées dans votre domaine d'activité. Il n'est évidemment pas possible de tout dire en si peu de temps, mais nous restons à votre entière disposition pour développer plus particulièrement l'un ou l'autre point qui vous intéresse ou pour vous aider dans la résolution de vos problèmes.

mechanische eigenschappen verminderen en bereiken ten minste ongeveer 50 % van de aanvankelijke eigenschappen. Het gunstig effect van de mechanische bereiding van het oppervlak door het te boucharderen werd niet aangetoond.

Het voorgaand voorbeeld maakt deel uit van een meer algemene studie over de mogelijkheden en beperkingen van polymeerlijmen. Indien men ten volle wil gebruik maken van hun opmerkelijke kwaliteiten moet men de formulering ervan aanpassen volgens de toepassing en het type van het materiaal in kwestie : lijm aangewezen voor werkzaamheden in een werkplaats kan niet noodzakelijkerwijze worden toegepast in een open werkplaats (regen, vochtigheid, lage temperatuur), een verbinding die een te hoog opvulpercentage bezit kan ongunstig zijn voor een weinig poreus materiaal (verminderd uitvloeiingsvermogen) enz...

De hierboven uiteengezette werkzaamheden vormen maar enkele voorbeelden van het gebruik van polymeren in verband met de groeve-industrie. We hopen dat zij u het belang hebben aangetoond van de synthetische harsen die oordeelkundig in uw werkdomein worden gebruikt. Het is vanzelfsprekend onmogelijk alles te zeggen in zo'n korte tijd maar we staan volledig tot uw beschikking om een of ander punt dat u interesseert in het bijzonder te ontwikkelen of om u te helpen bij het oplossen van uw problemen.

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches parait dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet*, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet*, donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE — GISEMENTS PROSPECTION — SONDAGES

IND. **A 11** Fiche n. **63.027**

F. CROUZEL. Les dépôts détritiques fluvio-lacustres. — **Bulletin du Centre de Recherche de Pau,** 1974, Vol 8, p. 189/208, 12 fig.

Dans le cadre de quelques principes généraux sur la sédimentation détritique continentale, le comblement molassique d'un bassin est étudié à partir du Bassin d'Aquitaine au miocène. Les données d'observations sont énumérées : origine du matériel, granulométrie, morphologie des éléments, stratifications, ravinements, nature et disposition des restes fossiles. Après la reconstitution du mécanisme des chenaux fluviatiles divagants sur une plaine d'inondation et l'étude de leur influence sur une sédimentation périodique de relaxation, sont amorcées des comparaisons avec les modèles actuels. En conséquence apparaissent les incertitudes qui séparent la stratigraphie apparente d'une échelle temporelle réelle.

Biblio. : 26 réf.

Résumé de la Revue.

IND. **A 34** Fiche n. **63.060**

H.U. HARK. Die Erdöl- und Erdgasexploration in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1973. *La prospection du pétrole et du gaz naturel dans la République Fédérale Allemande au cours de l'année 1973.* — **Erdöl und Kohle,** 1974, juillet, p. 358/366, 9 fig.

En 1973, les sondages de prospection se sont poursuivis au même rythme que les années précédentes : ils ont été concentrés sur l'Allemagne nord occidentale ; pour le gaz naturel, on s'est surtout intéressé au niveau inférieur et plus précisément au grès du Rotliegend. Pour le pétrole, les recherches se sont poursuivies à un niveau supérieur. On a enregistré 3 nouvelles découvertes de gaz naturel (Munster, Sagermeer-Sud et Staffhorst-Nord). Les réserves de pétrole récupérables en RFA restent au niveau de l'année précédente, soit 75.10^6 t : ceci est dû à une utilisation plus poussée des méthodes secondaires et tertiaires de production, rendue possible par les augmentations de prix. Les réserves de gaz naturel ont diminué

passant de 350.10⁹ m3 à 325.10⁹ m3. Cette régression est due, d'une part, à une consommation plus importante que les nouvelles découvertes et, d'autre part, à une nouvelle méthode d'évaluation des dépôts gazeux dans l'estuaire de l'Ems.

IND. **A 46** Fiche n. **63.022**

W.T. CANEER et N.M. SAUM. Radon emanometry in uranium exploration. *Mesure des émanations de radon pour la prospection de l'uranium.* — **Mining Engineering,** 1974, mai, p. 26/29, 5 fig., 1 tabl.

Suite aux pénuries énergétiques, on assiste ces derniers temps à un nouvel essor de la prospection d'uranium effectuée avec tous les raffinements des nombreuses techniques d'exploration. Une de ces techniques consiste à contrôler la présence de gaz radon dans les sols et les roches de surface et d'en déduire des indications sur l'existence de gisements souterrains de roches uranifères. L'Institut de Recherche Minière de l'Ecole du Colorado s'est intéressé à ces études du radon depuis 1967 et l'objectif de cet exposé est de décrire les techniques utilisées par l'Institut et les résultats de certaines études réalisées. Après avoir rappelé brièvement ce qu'était le radon et ses principales propriétés, les auteurs schématisent l'équipement et les techniques suivies, tout en soulignant l'importance des facteurs géologiques et géochimiques dans l'interprétation des résultats. En conclusion, il semble bien que les variations de la teneur en radon des roches de surface puissent servir d'indication concernant la minéralisation uranifère souterraine. Cependant, ces variations ne doivent pas être interprétées de façon aveugle et des facteurs tels que la teneur en humidité des terrains, les variations des types de terrains et de roches en surface, les fractures, dérangements et autres doivent être soigneusement pesés avant de pouvoir émettre un jugement définitif.

IND. **A 49** Fiche n. **63.000**

M.J. DUGGIN. CSIRO and the Australian programme for the earth resources technology satellite (ERTS). *Le CSIRO et le programme australien pour la technologie de détection des ressources terrestres par satellite (ERTS).* — **CSIRO,** Invest. Report, 1972, juillet, n. 95, 14 p., 10 fig., 2 tabl.

La détection à distance est une branche de l'exploration géophysique reprenant toutes les techniques qui " scrutent " la terre en vue d'en obtenir des informations topographiques, relatives à la surface ou touchant les conditions sous la surface terrestre. Il s'agit d'une science relativement neuve (environ 7 ans) et elle fait appel aux techniques comme le radar à vision latérale, l'exploration par infrarouges, la photographie multispectrale et le balayage multispectral. A 6000 m d'altitude, un avion portant un équipement technique approprié peut rapidement obtenir certaines informations sur une zone donnée. Il est évident qu'un satellite tournant sur une orbite à 900 km peut rassembler les données à une vitesse plus importante. Les nouvelles techniques de télédétection ont été initialement développées à usage militaire entre 1960 et 1965 et par après elles ont concerné des travaux de relevé non militaires. En juin 1972, la NASA a lancé le premier satellite d'une série destiné à améliorer la connaissance des ressources terrestres et l'Australie en recevra des renseignements. Cette publication traite de la nature de ces données, de leur forme, de la manière dont elles seront traitées ainsi que de la forme du présent programme du CSIRO.

B. ACCES AU GISSEMENT METHODES D'EXPLOITATION

IND. **B 23** Fiche n. **63.072**

H. NOCKE. Neue Erkenntnisse beim Blindschachtbohren auf der Zeche Zollverein. *Expériences récentes dans le domaine du forage des burquins à la mine Zollverein.* — **Glückauf,** 1974, n. 16, p. 647/655, 8 fig., 8 tabl.

Après avoir effectué 2 essais de la machine à creuser les burquins GSB 450/500 de la firme Wirth et Co dans des formations rocheuses relativement tendres, on a prouvé, grâce au creusement par forage d'un burquin de 245 m au siège Zollverein, qu'il était possible — en utilisant un prototype transformé de la même machine — de réaliser des vitesses de forage atteignant jusqu'à 19,5 m/jour (valeurs moyennes de 10 m/jour) et ce, en roches dures et abrasives. Les arrêts de fonctionnement lors du fonçage peuvent être attribués principalement à l'usure importante des molettes de coupe ; celle-ci est due, en partie, à la teneur élevée en grès du massif et en partie au rebroyage des débris de forage au fond du trou. Les inétanchéités du système hydraulique de la machine de fonçage ont aussi entraîné des arrêts de marche. On a pu comparer les dépenses relatives au creusement mécanisé décrit ci-dessus à celles d'un burquin foncé de manière traditionnelle, à la même profondeur, dans des formations rocheuses identiques, et dont le diamètre dépasse de 0,25 m celui du burquin mécanisé. On enregistre une

différence de 226.000 DM au bénéfice du creusement conventionnel. Cette somme représente d'ailleurs moins de 10 % des dépenses totales. Compte tenu des possibilités subsistantes de réduction des dépenses, on peut raisonnablement tabler pour l'avenir sur une différence de prix qui serait au bénéfice du creusement mécanisé.

Biblio. : 5 réf.

IND. **B 24** Fiche n. **62.977**

J. GIOVACHINI. Foration de trous d'aérage de gros diamètre dans les mines de fer de Lorraine. — **Industrie Minérale,** 1974, n. 4, p. 177/188, 15 fig., 4 tabl.

En 1971, le S.B.C.M. était chargé d'étudier la possibilité de forer des cheminées d'aérage entre le fond et le jour, capables d'assurer des débits d'air frais de 50 à 100 m3/s. Les calculs ont montré qu'il fallait réaliser un diamètre de 2,40 m pour des profondeurs variant entre 100 et 240 m. Le choix du S.E.C.M. s'est finalement porté sur la machine Dresser 800 susceptible de forer des trous de 3,60 m de diamètre. Le principe du creusement est le suivant : a) tout d'abord, creusement de haut en bas d'un trou pilote de 310 mm de diamètre ; b) ensuite, alésage de bas en haut en une seule passe jusqu'à 3,65 m ou 2,44 m de diamètre. L'auteur décrit la machine, ses principales caractéristiques, les tiges de foration et stabilisateurs, les outils pilotes et aléseurs. Le trou pilote peut être foré soit à l'air, soit à l'eau, ces fluides assurant l'évacuation des déblais. L'alésage ne présente aucune difficulté en terrains homogènes et on peut atteindre des vitesses de 1 à 2,40 m/h en fonction du diamètre final. Des traitements de terrains préalables au creusement du trou peuvent être entrepris pour étancher des venues d'eau probables et pour consolider les terrains. Il s'agit souvent de cimentation. En conclusion, l'auteur aborde le problème des coûts (investissements, consommation, coûts de creusement) : on peut admettre le prix au mètre fini de 2500 FF en diamètre 2,44 m et de 3000 FF en diamètre 3,65 m.

IND. **B 512** Fiche n. **63.014**

W.E. SCHROEDER. The feeder breaker as a primary crusher in strip mining operations *Le concasseur d'alimentation : broyeur primaire dans les exploitations à ciel ouvert.* — **Mining Congress Journal,** 1974, mars, p. 27/29, 6 fig.

En 1955, en vue d'augmenter le rendement du shuttle-car, on introduisait l'alimentateur à courroie. Ce dispositif permettait au shuttle-car de décharger son charbon à grande vitesse tout en assurant une alimentation régulière de la courroie transporteuse. Ceci diminuait les débordements de produits sur la courroie et permettaitd'augmenter le taux d'utilisation du shuttle-car à l'opération chargement. On réalisa aussi rapidement que la bande transporteuse était souvent endommagée par le passage de gros blocs de charbon qui engorgeaient parfois les points de transfert et risquaient de provoquer des dégâts dans tout le système de transport. On a donc mis au point un alimentateur à convoyeur, doté d'un concasseur. Il s'agit d'un engin de grande puissance souvent monté sur chenilles et qui a été utilisé pour la première fois dans la mine de cuivre. Le débit de ces installations n'a cessé de s'accroître et on arrive maintenant à traiter 2.700 t de charbon/h. Des essais ont montré que le comportement du broyeur est aussi satisfaisant dans les mines de lignite que dans celles de charbon bitumineux. L'expérience acquise montre qu'entre le chantier d'exploitation et le point de culbutage sur le réseau de transport principal, il existe une place où l'ensemble alimentateur/concasseur peut rendre d'énormes services.

IND. **B 59** Fiche n. **63.019**

W.T. PLASS. Revegetating surface mined land. *Remise en végétation des terrains exploités par découverte.* — **Mining Congress Journal,** 1974, avril, p. 53/59, 12 fig.

Cet exposé passe brièvement en revue les progrès les plus importants accomplis en matière de techniques de remise en végétation des sols qui peuvent présenter de l'intérêt sur les plans national et régional. L'auteur a divisé sa communication en 3 parties : 1) l'évaluation du site ; 2) la préparation du site ; 3) les techniques de remise en végétation. L'exploitant doit connaître les caractéristiques physiques et chimiques des terrains de couverture et il doit modifier ses méthodes d'exploitation en vue d'utiliser ces matériaux le plus efficacement possible. Il s'agit d'un concept relativement récent et on n'a pas encore bien réalisé son impact sur le prix de revient de remise en état des terrains. La préparation du site comprend toutes les opérations nécessaires pour atteindre les objectifs de la remise en végétation : parmi les techniques les plus utilisées, citons le "refaçonnage" du terrain, sa fertilisation et l'emploi d'autres moyens d'amendement des sols.

Sur le plan des techniques de remise en végétation, il est certain que l'ensemencement des sols et les plantations qui y sont faites doivent résulter d'études approfondies. La sélection des espèces, leur amélioration par manipulations génétiques, la compatibilité des espèces, le moment de l'ensemencement sont autant de problèmes qui réclament l'intervention de spécialistes.

Biblio : 14 réf.

IND. **B 62** Fiche n. **63.015**

R.L. CURFMAN. Solution mining project. *Project d'exploitation minière par dissolution.* **Mining Congress Journal,** 1974, mars, p. 32/36, 9 fig.

De 1965 à 1970, le gisement de potasse de la Texasgulf près de Moab (Utah) a été exploité de façon conventionnelle. Mais on enregistrait des dégagements gazeux, la température était élevée et les conditions structurelles rendaient pratiquement impossible une exploitation rentable. C'est pourquoi on s'est efforcé de mettre au point une méthode différente. La solution consiste à : 1) remplir les cavités déjà exploitées avec environ 2,8 milliards de litres d'eau douce ; 2) faire remonter la saumure saturée de la mine à un rythme équivalent à celui de l'injection d'eau fraîche à différents points; 3) pomper la saumure vers des bassins d'évaporation ; 4) récolter les sels solides précipités sous forme de boues qui sont pompées en vue de leur traitement en usine de flottation. A noter que le climat particulièrement sec et la rareté des précipitations favorisent l'évaporation naturelle. La surface des bassins s'étend sur 160 hectares. L'auteur escompte une production de 260.000 t/an avec un effectif de personnel de l'ordre de 100 personnes à comparer aux 430 personnes employées au moment de l'exploitation conventionnelle.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT

IND. **C 41** Fiche n. **63.030**

GLÜCKAUF BETRIEBSBÜCHER. Handbuch der Mechanisierung der Kohlengewinnung. *Manuel de la mécanisation de l'abattage du charbon.* — **Verlag Glückauf,** 1974, 232 p., 100 fig., 17 tabl. Prix : 38,20 DM.

Après avoir donné un aperçu statistique sur le développement de l'abattage mécanique du charbon, cet ouvrage présente l'état actuel de la technique, principalement en taille et également lorsqu'on doit affronter des conditions difficiles. On examine l'action combinée des procédés d'abattage et des installations d'abattage avec le soutènement mécanisé et, le cas échéant, avec la mécanisation du remblayage complet. Les mesures en matière d'organisation et de technique prennent une place importante dans l'accroissement de la production et du rendement de la taille et donc collaborent à l'abaissement du prix de revient. On met également en évidence les facteurs qui agissent de façon décisive sur les prix et les recettes tels les différents équipements de taille, les rendements des opérations précédant et suivant l'abattage (creusement du montage et des voies, mise en place et retrait du matériel de taille) ainsi que les longueurs de chassage des chantiers. Le dernier chapitre donne des indications intéressantes sur la surveillance et l'entretien des équipements de taille. Ces mesures préventives sont indispensables si l'on veut éviter des pannes techniques et donc des chutes de production avec tous leurs effets néfastes sur les prix. A tous ceux qui s'occupent de rationalisation, l'ouvrage donne un large aperçu des possibilités techniques et économiques dans l'état actuel de la technique. On peut souhaiter que les expériences et les nouveautés rassemblées ici soient largement diffusées dans les milieux miniers, chez les étudiants et les élèves ingénieurs des mines.

IND. **C 4231** Fiche n. **63.018**

A.V. COCHRAW. Semi-remote control mining with continuous haulage. *Exploitation " semi-télécommandée " avec évacuation continue.* — **Mining Congress Journal,** 1974, avril, p. 34/41, 12 fig.

Le prototype du nouveau système de mineur continu télécommandé 101 MC Helimatic de la firme Jeffrey avait déjà abattu du charbon pendant 9 mois à la mine Laxare (Peytona - West Virginia) au moment où cet article a été rédigé. On présente ici une description de ce mineur continu et de son système de commande, ainsi que des engins de déblocage continus prévus à l'aval et on expose le plan d'exploitation suivi par la mine Laxare. On discute également les résultats du programme d'essai et les conclusions que l'on peut tirer de ces résultats. Le terme " semi-télécommande " utilisé pour ce système 101 MC vise seulement à préciser le " distanciement " de l'opérateur qui conserve ici une vue sur l'ensemble des opérations de taille. La vraie télécommande devrait permettre à l'opérateur de se trouver en n'importe quel point, sans contact visuel avec les engins d'exploitation. Compte tenu de sa compacité, de la facilité de commande et de la sécurité de fonctionnement, on peut affirmer que

le système de télécommande électrique a rendu d'excellents services à Laxare. Quant au système de transport continu, il élimine les risques liés au traffic de shuttle-cars auxquels est exposé l'opérateur du mineur télécommandé.

IND. **C 44** Fiche n. **63.067**

K.R. HAARMANN. Die Schlagkopf-Vortriebsmaschinen und ihre Bedeutung für den Steinkohlenbergbau. *Les brise-roches hydrauliques et leur intérêt pour l'industrie charbonnière.* — **Glückauf,** 1974, n. 15, p. 614/619, 6 fig.

Les brise-roches hydrauliques sont d'une conception assez simple, ils se composent d'une tête de frappe avec affût, d'un bras mobile télescopique et d'une infrastructure avec alimentation hydraulique. Leur utilisation est particulièrement intéressante lorsque l'emploi de la technique conventionnelle de tir se heurte à des difficultés et aussi lorsqu'on ne peut faire appel aux machines de traçage à attaque ponctuelle, soit pour des raisons de rentabilité, soit pour des motifs de nature de roches. Les techniques traditionnelles de tir peuvent être contrariées par la présence de roches très fissurées comme on en rencontre dans le cas du creusement des voies de chantier en arrière des fronts. Dans ce cas particulier, on peut arriver avec le brise-roches à des avancements journaliers de 6 m dans des sections de voies de 12,6 à 14,2 m2. Les efforts des constructeurs visent actuellement à accroître, dans toute la mesure du possible, le pourcentage du temps réel d'utilisation de la machine. Ceci semble possible : a) en améliorant son contrôle et en simplifiant son maniement ; b) en rendant tout à fait indépendantes les opérations d'abattage et de chargement des déblais. La résistance de la roche, le coefficient d'usure, le degré de fissuration et l'épaisseur des bancs sont des facteurs qui ne limitent pas l'utilisation des brise-roches. De par leur importante capacité d'adaptation, les brise-roches hydrauliques méritent une appréciation positive.

Biblio. : 7 réf.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS, SOUTENEMENT

IND. **D 2221** Fiche n. **63.021**

J.F. AGAPITO. Rock mechanics applications to the design of oil shale pillars. *Applications de la mécanique des roches à l'étude des piliers résiduels dans l'exploitation des schistes bitumineux.* — **Mining Engineering,** 1974, mai, p. 20/25, 4 fig., 2 tabl.

Cette étude concerne le calcul des piliers abandonnés dans les schistes bitumineux. Ces piliers constituent un des plus importants éléments dans la structure minière puisqu'ils doivent soutenir le toit et que l'écroulement d'un pilier peut entraîner une catastrophe minière. On a obtenu de nombreux éléments de calcul en exécutant un programme de mécanique des roches basé sur la théorie, les essais au laboratoire et, surtout, sur les mesures et les observations in situ. Les données nécessaires au calcul ont été confirmées par l'observation de la destruction accidentelle de piliers. Depuis de nombreuses annés, la mesure des déplacements de terrains a constitué la caractéristique essentielle de l'emploi d'instruments techniques au fond de la mine ; cependant la détermination des contraintes in situ, en vue de calculs sur le plan minier, a rarement été observée. Beaucoup d'instruments et de techniques n'ont pas dépassé le stade du prototype et il existe très peu de publications mentionnant les résultats de mesures de contraintes. Ces mesures sont cependant indispensables au dimensionnement des piliers. L'indicateur de déformation d'un trou de sonde, conçu par l'U.S. Bureau of Mines, s'est révélé un instrument excellent pour la mesure des tensions dans les formations étudiées. La reproductibilité des résultats a été remarquable. La mesure photoélastique des tensions s'est avérée très utile lors du contrôle des variations de tensions.

Biblio. : 12 réf.

IND. **D 47** Fiche n. **62.971**

CHARBONNAGES DE FRANCE. Progrès accomplis dans le domaine du soutènement marchant. — **Industrie Minérale. Mines,** 1974, n. 1 (Supplément 1974, mai). p. 58/60, 8 fig.

Les gisements français sont très diversifiés à la fois par les pentes, les épaisseurs et la régularité des couches. Les méthodes d'exploitation sont très variées ; la mécanisation du soutènement porte sur l'ensemble des méthodes. Mais c'est dans les chantiers à soutirage que cette mécanisation s'est le plus développée ; elle intervient en effet pour 90 % de la production dans le cas des plateures et pour 50 % dans les soutirages en dressants. Les *récents progrès* du soutènement marchant sont de 2 genres. 1) Il s'agit d'abord de *perfectionnements technologiques* des *éléments constitutifs.* A ce propos, il faut citer principalement les traitements bactéricides destinés à préserver les fluides des proliférations de bactéries et l'adjonction d'inhibiteurs s'opposant à l'action corrosive des fluides. Il faut noter aussi l'accroissement de la pression de service des pompes qui peut atteindre 400 bars, ce qui a permis l'augmentation notable des charges de pose. 2) Des

progrès ont été obtenus également dans la conception du *soutènement* permettant d'augmenter le rapport charge de pose/charge de coulissement. Grâce à l'augmentation de la pression d'alimentation et de la section des étançons, il a pu être porté à 80 %. A noter d'autre part l'introduction de soutènements nouveaux tels que : les *piles à flèches*, très adaptables aux changements d'ouverture, et le *soutènement à soutirage* possédant des prolonges arrière protégeant le convoyeur de soutirage. La mécanisation du soutènement est passée de 27,9 % de la production en 1970 à 45 % en 1973.

Résumé de la Revue.

IND. **D 60** Fiche n. **63.092**

K. KOVARI. Méthodes de dimensionnement des ouvrages souterrains. — **Tunnels et Ouvrages Souterrains,** 1974, juillet-août, p. 177/184, 13 fig.

Si l'on veut rechercher une méthodologie du dimensionnement des ouvrages souterrains, on doit s'orienter vers des méthodes qui ont fait leurs preuves pour les constructions métalliques et les ouvrages en béton. Une analyse critique des méthodes de calcul citées dans la littérature des constructions souterraines amène à distinguer 3 groupes d'après les principes d'établissement des modèles : 1. Les théories des zones de rupture. 2. Les théories des zones plastiques. 3. Les méthodes des déformations. Dans la discussion de ces méthodes, on n'aborde pas les règles mathématiques et mécaniques. On analyse enfin les principaux concepts utilisés pour la représentation mathématique de la pression du rocher en comparant les différentes méthodes entre elles.

Biblio. : 10 réf.

IND. **D 711** Fiche n. **63.037**

H. RÖHRS. Anker-Bogenausbau bei den Steinkohlenbergwerken Ibbenbüren. *Soutènement par cadres et boulons d'ancrage au charbonnage Ibbenbüren.* — **Glückauf,** 1974, n. 14, p. 569/570, 4 fig.

L'emploi de cintres ancrés en galerie a suscité diverses possibilités d'utilisation, tout d'abord au siège Ibbenbüren et, plus récemment aussi, dans d'autres charbonnages du bassin de la Ruhr. Dans les galeries de chantier, on a pu renoncer à utiliser des longerons-supports médians au point de raccordement taille/voie. De ce fait, même dans le cas des sections de galeries relativement faibles, il a été possible d'assurer un transport continu de matériel par monorail jusqu'au front de voie, en dépit de la présence des têtes motrices de taille dans la voie. Le soutènement par cintres ancrés est également avantageux lorsqu'on se propose de mettre en service une nouvelle taille à rabot à partir d'une galerie existante. Spécialement en couches minces, le nombre de postes prestés pour ce travail est alors nettement plus faible comparé à celui nécessité par les montages classiques. Enfin, les cadres de soutènement des voies inclinées de grandes sections sont également ancrés en vue de les protéger contre les effets de tir et contre les éboulements d'origine géologique.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. **E 0** Fiche n. **62.978**

F. POT et P. AURIOL. Les transports souterrains dans le futur. — **Industrie Minérale,** 1974, n. 4, p. 189/195, 5 fig.

Le coût des transports souterrains atteint un montant considérable, mais il est très difficile à chiffrer. Le coût direct (main-d'oeuvre) ne peut être évalué que de façon approximative et le coût indirect (retard d'approvisionnement ou panne) est encore plus difficile à apprécier. Cependant, l'intérêt d'une rationalisation et d'une modernisation des moyens de transport n'échappe à aucune entreprise minière. On présente ici le point de vue des charbonnages français en examinant la situation présente et en essayant de dégager les tendances qui détermineront les modes de transports souterrains dans l'avenir. Les gisements de charbon français sont très diversifiés, ce qui entraîne des méthodes d'exploitation très différentes et dès lors des modes de transport également très diversifiés. Parmi les nombreux moyens de transport, certains servent uniquement au personnel (télémines, téléperches) et d'autres sont ou seront susceptibles de devenir des systèmes polyvalents servant à la fois au transport de personnel et de matériel. Il s'agit principalement du monorail dont 3 versions sont présentées, ainsi que du streckenkuli et des engins sur pneus.

IND. **E 1310** Fiche n. **63.016**

W. LAIRD. Recent developments in conveyor vs. track haulage. *Etudes récentes en matière de convoyeurs vis-à-vis du transport sur rails.* — **Mining Congress Journal,** 1974, mars, p. 37/43, 10 tabl.

Actuellement, il est d'usage courant d'effectuer le transport du charbon par convoyeur à bande depuis l'entrée du chantier jusqu'au réseau de transport principal. Cette méthode s'est révélée économique, souple, efficace et rapide. L'auteur

effectue une étude comparative des dépenses consenties pour différents schémas de transport, principal et secondaire (utilisation des locomotives à trolley, des locos Diesel, généralisation des bandes transporteuses, locos à batterie etc...). Six schémas différents sont présentés et le coût en est estimé pour 3 hypothèses relatives à la longueur du transport principal (1500 m, 7500 m et 10.500 m). L'auteur énumère aussi les avantages et désavantages de chaque système présenté. En conclusion, le choix du système de transport le plus adapté doit être fondé sur diverses considérations : l'épaisseur de la couche de charbon, la nature des épontes du toit et du mur, la régularité ou les ondulations de la couche, la taille de la mine, la longueur maximale de transport escomptée, le nombre de chantiers, le rendement, les législations fédérales et statales et enfin l'expérience du personnel de production et d'entretien.

IND. **E 53** Fiche n. **63.025**

E. RUBIN. Télécommunications par courants porteurs dans le système à 500 kV El Chocon. — **Revue Brown Boveri,** 1974, n. 2/3, p. 82/85, 4 fig.

L'exploitation d'un important complexe hydro-électrique, tel que celui d'El Chocón, exige une installation de télécommunication par courants porteurs sur ligne à haute tension (CPL) sûre et efficace pour l'établissement des liaisons téléphoniques et de télex, et la transmission des signaux de téléprotection, de télécommande et de supervision. Le présent article décrit les problèmes rencontrés et les solutions retenues pour les transmissions CPL sur les lignes de transport à 500 kV d'une longueur de plus de 1000 km reliant la centrale au centre d'exploitation de Buenos Aires.
Biblio. : 6 réf.
Résumé de la Revue.

IND. **E 54** Fiche n. **62.979**

G. DELANNOY. Techniques de mesure au fond dans le domaine de la sécurité. — **Industrie Minérale,** 1974, n. 5, p. 216/224, 3 fig.

Les 3 principaux domaines de la sécurité minière concernés sont : l'aérage, les gaz nocifs et les feux de mine. L'auteur s'attache à classer et à décrire sommairement les méthodes de mesure : traitant d'abord des mesures in situ, il effectue son classement sur la base des principaux phénomènes utilisés. Sur le plan des phénomènes thermiques, il a relevé 7 techniques particulières : l'échauffement par oxydation catalytique, l'inhibition par l'oxygène de la réaction d'oxydation du méthane sur le platine, l'échauffement par oxydation catalytique, l'adsorption sur perle semiconductrice, l'absorption de rayonnement infrarouge, le refroidissement en écoulement gazeux et l'élévation de la température. Les phénomènes optiques sont exploités de 3 façons : la variation de l'indice de réfraction d'un gaz suivant sa composition, la variation de la brillance d'un filament, l'observation de la bande d'absorption d'un gaz dans l'infrarouge. Les phénomènes chimiques font appel à la réduction de volume, à la calorimétrie et à l'ionisation de l'atmosphère. Divers autres phénomènes (électriques, magnétiques, mécaniques ou aérodynamiques) sont aussi utilisés. L'auteur traite enfin des difficultés inhérentes aux mesures du fond, à la transmission des mesures, à la nécessité d'appareils multi-fonctions ainsi qu'à la centralisation des informations et à l'automatisation des mesures.

IND. **E 54** Fiche n. **63.035**

J. OLAF, W. RÄTZ et Coll. Fernüberwachung von Grubenbetrieb. *Télécontrôle d'exploitations charbonnières.* **Glückauf,** 1974, n. 14, p. 561/566, 8 fig., 3 tabl.

Le degré de perfectionnement des systèmes de télévigile fait que désormais toutes les mines de charbon d'Allemagne Fédérale surveillent leurs exploitations minières à partir d'un poste central. C'est sur le plan de la sécurité que s'exercent de nombreuses missions de surveillance ; à elles seules, elles mobilisent la moitié des canaux de transmission, installés à ce jour, pour les valeurs mesurées et les indications de situation. Actuellement, il n'existe qu'un nombre très restreint de télécommandes. Sur le plan de la technique de transmission, 85 % de la capacité de transmission utilisent le système multiplex à basses fréquences. Un essai technique des systèmes actuellement disponibles sur le marché montre leur précision et leur degré élevé de fiabilité. Pour ce qui concerne la mécanisation du groupage des informations, il existe de nombreuses possibilités de rationalisation. L'éventail des appareils les plus appropriés doit être déterminé cas par cas.
Biblio. : 5 réf.

F. AERAGE, ECLAIRAGE HYGIENE DU FOND

IND. **F 112** Fiche n. **63.036**

P. HUBIG. Wettergeschwindigkeiten und Wetterströme im Streb. *Les vitesses d'air et les courants d'air en taille.* — **Glückauf,** 1974, n. 14, p. 566/569, 6 fig. 3 tabl.

En effectuant des mesures précises de vitesses d'air dans les tailles, et en présentant les résultats sous forme d'isotaches sans dimension, on parvient à mettre en évidence 2 caractéristiques essentielles de la répartition des vitesses dans le cas du type de soutènement à front dégagé : a) la vitesse maximale se situe très près du front de charbon ; b) le rapport entre la vitesse maximale et la vitesse moyenne varie en fonction du type de soutènement : il est de 2 environ dans le cas où les étançons d'appui se situent vers le milieu de la section et il n'atteint que 1,6 à 1,7 lorsque les étançons d'appui se situent en bordure de la section (c'est le cas du soutènement-bouclier). Des études systématiques ont été effectuées sur un modèle de taille de l'institut des recherches en matière de ventilation minière ; elles indiquent que la répartition de la vitesse de l'air dans la section de la taille et donc, que le rapport de la vitesse maximale à la vitesse moyenne est indépendant du nombre de Reynolds. On note une excellente concordance entre les valeurs de mesure faites sur modèles et les valeurs mesurées dans les cas pratiques.

Biblio. : 5 réf.

IND. **F 115** Fiche n. **63.050**

G. DUPRE et P.J. HOFBAUER. Die Berechnung von Wetternetzen bei Berücksichtigung der Kompressibilität. *Le calcul des réseaux d'aérage compte tenu de la compressibilité.* — **Glückauf-Forschungshefte,** 1974, juin, p. 95/102, 8 fig., 4 tabl.

Partant de l'équation générale de l'énergie, l'auteur en dérive l'équation relative à la pression. Il envisage ensuite la solution de l'équation de pression normalisée quasi-isotherme. Traitant de la résistance normalisée et transformée de l'aérage, il fait intervenir les corrections d'altitude et de changement de température. La poussée ascendante naturelle, principalement en cas d'arrêt des ventilateurs, et la pression locale interviennent également comme facteurs d'influence. Il analyse l'effet du sens du courant d'air sur la résistance de l'air et, dans le cadre de la densité de l'air, il examine le cas du mélange de gaz et la simulation de feux miniers. Pour conclure, il prend en considération les caractéristiques afférentes aux ventilateurs.

Biblio. : 7 réf.

IND. **F 231** Fiche n. **62.969**

J. BIGOURD et J. DANGREAUX. Déflagration des explosifs et inflammation du grisou. — **Industrie Minérale. Mines,** 1974, n. 1 (Supplément 1974, mai). p. 47/52, 7 fig.

Outre le risque d'inflammation directe du grisou par un explosif qui détone, il ne faut pas négliger celui de l'inflammation indirecte par la déflagration de l'explosif, consécutive à sa détonation incomplète. Après des essais de déflagration en présence de mélanges grisouteux, 2 mécanismes possibles pour l'inflammation du grisou ont été envisagés. Le *premier* suppose que la déflagration ne s'arrête pas immédiatement après l'expulsion du bourrage d'argile qui ferme le mortier d'acier contenant la cartouche et que des particules projetées, plus ou moins disséminées, provoquent l'inflammation dans un délai très court (1/10 s). Le *deuxième* suppose au contraire l'arrêt immédiat de la déflagration et que des résidus d'explosif sont projetés chauds au fond de la galerie d'essai : un peu d'explosif au contact d'un corps chaud pourrait donner lieu à une explosion thermique allumant le grisou, mais cette fois dans un délai plus long (quelques secondes). Des essais effectués sur des explosifs N 7 avec observation photographique ont confirmé ces hypothèses. Diverses méthodes ont été imaginées pour apprécier l'aptitude à la déflagration. On a retenu à ce propos l'épreuve d'amorçage à la poudre noire, en mortier d'acier, l'aptitude étant définie par la moyenne des 2 masses minimale et maximale et poudre produisant la déflagration à 0/3 ou 3/3. On a aussi arrêté des méthodes pour apprécier l'aptitude à enflammer le grisou par déflagration et l'aptitude à donner des explosions thermiques. De nombreux lots d'explosifs GC 16 et GC 20 ont été éprouvés avec ces méthodes. Bien qu'ils aient des seuils d'amorçage à la déflagration assez bas (2 à 4 g), ils provoquent moins que d'autres l'inflammation du grisou. Celle-ci paraît en bonne corrélation avec l'aptitude à donner des explosions thermiques. Les conditions d'emploi de ces explosifs, actuellement en cartouches de plus gros diamètre et de plus grande masse, diminuent le risque de raté de détonation, donc de déflagration. La sécurité du tir doit plutôt se chercher dans les explosifs à forte aptitude à la détonation, employés en grosses cartouches dans un gainage souple, avec un bon curage des trous.

Biblio. : 2 réf.

Résumé de la Revue.

IND. **F 31** Fiche n. **62.970**

J. WINTER et M. GILTAIRE. Essais d'arrêts-barrages à stérile ou à eau et d'un arrêt-barrage déclenché pour la protection des chantiers en cul-de-sac. — **Industrie Minérale. Mines,** 1974, n. 1, (Supplément 1974, mai), p. 53/57, 2 fig., 2 tabl.

On a effectué des essais dans une galerie expérimentale de 145 m de longueur et de 8 à 12 m2 de section. Le but était de comparer l'efficacité des différents types d'arrêts-barrages secondaires, à stérile ou à eau, et d'un arrêt-barrage déclenché en présence d'explosions de poussières de charbon de violence variée. Les essais ont montré que, dans le cas de la protection des chantiers en cul-de-sac, les arrêts-barrages déclenchés présentent un grand intérêt car ils peuvent être placés assez près du fond de la galerie et limiter par conséquent l'extension de la flamme.

IND. **F 31** Fiche n. **63.040**

A. FROMME. Die Wirkungsweise von Wassertrogsperren. *Le mode d'action des arrêts-barrages à l'eau.* — **Glückauf,** 1974, n. 14, p. 578/580, 2 fig.

Dans une galerie circulaire de 25 m de longueur, fermée à une extrémité et disposée en surface, on a étudié systématiquement le comportement d'arrêts-barrages à l'eau, à des pressions de souffle provoquées par des inflammations de grisou ou de poussières. Des mesures de pression ont été effectuées sur modèles ; on a analysé la distribution de l'eau grâce à un appareil de mesure à absorption d'infrarouges. On a également relevé l'influence qu'exercent le matériau constitutif de la cuve à eau, son mode de construction ainsi que la disposition générale du barrage sur la distribution de l'eau. Grâce à des prises de vue, on a pu suivre de près les processus de largage et de destruction de la cuve.

IND. **F 31** Fiche n. **63.054**

A. FROMME. Abwurf- und Verteilungsmechanisme bei untertätigen Explosionssperren. *Mécanismes de déversement et de répartition sur des arrêts-barrages souterrains.* — **Glückauf-Forschungshefte,** 1974, juin, p. 120/127, 13 fig.

Quelques explosions de poussières de charbon, d'une grande ampleur, survenues au début des années 1960 avaient permis de constater que les arrêts-barrages à poussières inertes n'avaient pas exercé l'influence souhaitée dans quelques cas. En 1962, on a donc entamé des essais avec des arrêts-barrages à cuves d'eau. On a réalisé ces essais dans une galerie circulaire de 25 m de longueur, construite au jour et fermée à l'une de ses extrémités. Ces études ont permis d'acquérir des connaissances nouvelles en matière de phénomènes de déversement et de destruction des bacs ainsi que de répartition de l'eau. Les bacs doivent être détruits également lorsque les explosions sont faibles si l'on veut obtenir une répartition suffisante de l'eau sur toute la section de la galerie. Les matériaux et forme du bac et le type de barrage influent fortement sur la répartition de l'eau.

Biblio. : 7 réf.

IND. **F 40** Fiche n. **63.009**

B. GODDARD. Dust control in coal mines. *Contrôle de l'empoussiérage dans les mines de charbon.* — **Colliery Guardian,** 1974, juin, p. 180/183, 2 fig.

L'auteur passe en revue les divers facteurs qui peuvent influencer les niveaux d'empoussiérage dans les chantiers d'exploitation. On peut les résumer comme suit : 1) les débits d'air de ventilation tant en tailles qu'en traçages ; 2) les sections des galeries ; 3) les pressions et le volume d'eau disponibles en chaque point d'un quartier ; 4) l'équipement utilisé en taille et les techniques adoptées ; 5) le type de bourrage choisi lors du tir de mine ; 6) l'ampleur des découpes de stériles en toit ou en mur. Abordant le problème de la lutte contre les poussières dans les traçages, l'auteur note que les problèmes y sont souvent plus aigus, compte tenu du fait qu'on y découpe davantage de stériles qu'en taille. Outre les chantiers d'abattage et les creusements de galeries, il existe d'autres sources d'empoussiérage à ne pas négliger : les systèmes de convoyeurs (lors du transport ou aux points de transfert), les galeries très sèches où la poussière peut être soulevée par la vitesse du courant d'air. L'auteur insiste enfin sur l'importance des techniques de formation du personnel en matière de contrôle d'empoussiérage et annonce la prochaine parution d'un manuel qui passera en revue les sources d'empoussiérage, les normes et les méthodes de prélèvement ainsi que les diverses techniques de contrôle et les équipements associés.

IND. **F 442** Fiche n. **63.078**

P.C. THAKUR. Mass distribution of respirable dust particles from US coals. *Distribution massique des particules de poussières respirables, provenant de charbons américains.* **Colliery Guardian,** 1974, juillet, p. 236/239, 3 tabl., 4 fig.

L'auteur a étudié la répartition pondérale des poussières respirables provenant de 18 échantillons de charbons différents. L'anthracite et le charbon bitumineux à haute teneur en matières volatiles se situent aux 2 extrêmes de la répartition, car l'anthracite comporte beaucoup plus de fines particules. Dès lors, le poids de poussières qui se déposent de façon permanente dans les poumons par unité de temps, est plus important dans le cas de l'anthracite que dans celui du charbon bitumineux à haute teneur en M.V. D'une façon générale, plus faible est la teneur en M.V. et plus important est le risque potentiel pour la santé. La loi fédérale sur la santé dans les mines et le " Safety Act " de 1969 ont imposé une norme " poussières " qui est la même pour n'importe quelle mine des USA. Au vu des résultats obtenus dans cette étude, cette législation ne paraît pas avoir un caractère très réaliste.
Biblio. : 11 réf.

IND. **F 61** Fiche n. **63.068**

K. GRUMBRECHT. Brandtechnische Prüfung und Beurteilung von Bergbau-Betriebsmitteln aus Kunststoffen. *Essais et appréciation de la résistance au feu des matériels miniers en matières plastiques.* — **Glückauf,** 1974, n. 15, p. 620/623, 8 fig.

Lors du choix des essais de résistance au feu des matériels miniers en matière plastique, on s'est efforcé, d'une part, de ne pas freiner les progrès techniques en posant des exigences trop draconiennes et, d'autre part, de ne pas permettre un accroissement déraisonnable du danger d'incendie lié à l'emploi de matériaux combustibles. Les essais en laboratoire visant à déterminer le risque d'incendie ont l'avantage d'être peu coûteux mais, par contre, ils présentent l'inconvénient de ne pas fournir des résultats corrects. C'est pourquoi, on a entrepris une série d'essais de résistance au feu en se rapprochant des conditions pratiques d'utilisation. Pour tous les types de matériel en matière plastique qui ont fait l'objet d'essais, on peut affirmer qu'il existe sur le marché des produits de qualité dont l'utilisation n'entraîne pas d'augmentation déraisonnable du danger d'incendie.
Biblio. : 12 réf.

IND. **F 622** Fiche n. **63.002**

W. BOTH et A. STARK. Bekämpfung eines verdeckten Grubenbrandes mit Druckausgleich auf der Zeche Ewald Fortsetzung. *Lutte contre un feu de mine couvant par équilibrage de pression au siège Ewald.* — **Glückauf,** 1974, n. 13, 514/517, 2 fig.

On a enregistré au siège Ewald, en cours d'exploitation chassante dans la couche Gretchen-Anna, un feu de mine qui couvait dans l'arrière-taille, feu provenant d'une inflammation spontanée. On a pu contrôler ce feu de mine pendant 3 semaines environ, en procédant à un équilibrage des pressions d'aérage jusqu'à ce que l'équipement de la taille ait été mis à l'abri. Les expériences acquises à l'occasion de cet incendie et d'autres feux de mine grâce au procédé d'équilibrage de pression, ont permis d'émettre des recommandations précises à suivre lorsqu'on se trouve confronté à des cas semblables.
Biblio. : 7 réf.

G. EPUISEMENT

IND. **G 1100** Fiche n. **63.055**

A. WORONOFF. Perspectives pour le charbon dans le monde et en Europe. — **Revue Française de l'Energie,** 1974, juin-juillet, p. 511/516.

Au moment même où la crise du pétrole s'amorçait, on enregistrait une tension toujours plus grande sur le marché charbonnier mondial. Au cours de ces dernières années, on a noté l'apparition sur le marché d'utilisateurs nouveaux et très importants. Dans l'ensemble, les besoins mondiaux en charbon ont donc eu tendance à s'accroître. Compte tenu des prévisions relatives à l'évolution probable de la consommation de l'industrie métallurgique ainsi que de la consommation des centrales électriques, les observateurs sont enclins à penser que cette tendance se maintiendra à moyen et à long terme' encore que des fluctuations secondaires puissent se produire. Ces fluctuations sont attendues spécialement dans l'industrie métallurgique. L'auteur analyse les perspectives de l'évolution de la demande du charbon au cours des prochaines années. Il précise la position de la Communauté Economique Européenne et propose une nouvelle politique charbonnière.

IND. **G 7** Fiche n. **63.056**

J. REBOUL. Les techniques nouvelles de production de gaz et d'hydrocarbures liquides à partir du charbon. — **Revue Française de l'Energie,** 1974, juin-juillet, p. 517/528, 5 fig., 4 tabl.

Des moyens importants sont affectés actuellement aux Etats-Unis pour élaborer des techniques nouvelles en vue de produire, à partir du charbon, des gaz substituables au gaz naturel, et de les transporter, de les stocker et de les distribuer dans des conditions économiquement avan-

tageuses, l'hydrogène jouant un rôle important dans ces techniques. Les efforts d'élaboration de ces techniques nouvelles se déploient principalement dans ce pays parce qu'il a des besoins considérables, à court et long terme, en gaz riches du type gaz naturels, et dispose de réserves importantes de charbon exploitables dans des conditions particulièrement favorables. Différents procédés, basés sur ces techniques, et économiquement intéressants, seront développés industriellement à grande échelle aux Etats-Unis dans les prochaines années. Les possibilités d'application de ces procédés en Europe occidentale, qui se trouve dans une situation énergétique différente, sont beaucoup moins favorables. Néanmoins, il est certainement intéressant de suivre de près, en Europe, l'évolution des études et des travaux de mise au point de ces techniques nouvelles, et le développement des projets industriels en voie de réalisation, afin d'être prêts à tirer parti de ce développement pour contribuer à satisfaire les besoins futurs de l'Europe en énergie-gaz.

Résumé de la Revue.

H. ENERGIE

IND. **H 0** Fiche n. **63.020**

X. United States energy resources. — *Ressources énergétiques des Etats-Unis d'Amérique.* — **Coal Age,** 1974, avril, p. 69/116.

Enquête menée par Coal Age et Engineering and Mining Journal qui comporte une série de brèves études sur les points suivants : Enquête sur la suffisance des ressources énergétiques des USA — Quelle est l'ampleur de la " banque " des ressources américaines? — Des ressources charbonnières abondantes ne seront mises en valeur que si le climat est favorable. — Les importations de pétrole continuent à jouer un rôle important dans les approvisionnements énergétiques des USA. — Il faut augmenter le rythme des sondages si l'on veut accroître les réserves de gaz naturel. — Les ressources américaines en uranium ne sont pas à la mesure des demandes prévues. — Comment les schistes bitumineux contribueront à améliorer la balance énergétique des USA. — Les sables bitumineux de l'Utah ont des ressources énergétiques potentielles limitées. — Les grosses possibilités en matière d'énergie géothermique se développent lentement. — Rareté des sites intéressants pour le développement hydrologique futur. — Pourquoi les USA sont-ils confrontés à une pénurie d'énergie. — Les producteurs de charbon doivent affronter des obstacles dans leur course pour satisfaire les demandes. — L'exploitation des geysers : pivot de l'énergie géothermique. — Le pétrole et le gaz naturel franchissent des frontières nouvelles et difficiles. — L'uranium : une industrie en quête de marché. — De nouveaux procédés améliorent les perspectives de production de combustibles synthétiques à partir du charbon. — Procédés de gazéification de la première et de la seconde génération. — La liquéfaction du charbon : une voie meilleure que la gazéification. — L'amélioration des méthodes permet une utilisation plus directe des charbons à haute teneur en soufre. — La gazéification souterraine du charbon : encore une longue route à suivre. — Les schistes bitumineux : une industrie qui débouche rapidement. — L'exploitation minière (des schistes bitumineux) : un choix entre 3 procédés. — Techniques de remplacement. — Les huiles exploitées par technique minière : une autre ressource potentielle de pétrole. — Le nucléaire : sa prépondérance en l'an 2000 (types de réacteurs, le réacteur régénérateur, la réaction de fusion encore au stade du laboratoire). — L'énergie solaire : une idée pas tout à fait neuve. — Le système MHD : un procédé " pivot " — L'énergie éolienne — Comment les restrictions énergétiques influenceront-elles l'exploitation minière? — La protection de l'environnement et la conservation de l'énergie doivent aller de pair.

IND. **H 0** Fiche n. **63.041**

G. BISCHOFF. Die Energievorräte der Erde. Möglichkeiten und Grenzen weltwirtschaftlicher Nutzung. *Les réserves énergétiques terrestres. Possibilités et limites d'une utilisation sur le plan de l'économie mondiale.* — **Glückauf,** 1974, n. 14, p. 582/591, 5 fig., 2 tabl.

On prévoit qu'aux alentours des années 2000, la consommation énergétique mondiale aura pratiquement triplé vis-à-vis du chiffre actuel. L'auteur étudie de quelle façon les diverses ressources d'énergie primaire seront en mesure de couvrir les futures exigences mondiales. Il existe des réserves de pétrole probables de l'ordre de 250 milliards de t dont la moitié peut être exploitée sans trop de frais. Les très grosses réserves de pétrole présentes dans les sables et les schistes ne peuvent se substituer dans un avenir prévisible aux pétroles " libres ". Si l'on veut, en 1985, arriver à produire quelque 4 milliards de t de pétrole et produits dérivés, il faudra que l'industrie pétrolière consente entre 1970 et 1985 des investissements pour un montant global de 1350 milliards de $ US. La production de gaz naturel est appelée à être multipliée par 2,5 d'ici à la fin du siècle. La production du charbon et du lignite

augmentera de 50 % d'ici 1985 et elle doublera d'ici l'an 2000. L'énergie nucléaire fournira vers 1985 12 % de la consommation énergétique totale. En l'an 2000, cette contribution devrait être proche de 25 à 30 %, encore que le problème des réserves limitées d'uranium et de thorium reste posé. Les résultats de l'analyse de l'auteur le conduisent à penser que le charbon constituera un élément essentiel de l'approvisionnement énergétique et qu'il pourra exercer une action régulatrice sur les prix.

IND. **H 9** Fiche n. **63.024**

C.H. JACOBY et D.K. PAUL. Salt domes as a source of geothermal energy. *Les dômes salins : une source d'énergie géothermique.* — **Mining Engineering,** 1974, mai, p. 34/39, 6 fig.

L'importance économique des dômes salins a déjà été soulignée à plusieurs reprises ; ils présentent souvent sur leurs flancs des accumulations de pétrole et de gaz et de plus la valeur du sel ou de la potasse n'est pas négligeable. Dans l'avenir, les auteurs pensent que ces dômes constitueront une source importante d'énergie géothermique. Ces dômes ont toujours été considérés comme des anomalies calorifiques en géologie et on considère que le dôme agit comme un conducteur amenant de la chaleur en provenance des profondeurs de la croûte terrestre. Les auteurs suggèrent quelques possibilités d'utilisation de cette chaleur géothermique : la plus connue est celle du saturateur géothermique. Si l'on veut développer pleinement et correctement ce " pipeline " d'énergie, il faudra faire preuve de créativité et d'esprit d'innovation et consentir des investissements importants. On devra affronter et résoudre de nombreux problèmes connus ou qui surgiront dans l'avenir.

Biblio. : 37 réf.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES

IND. **I 0141** Fiche n. **62.986**

H.J. BEHRENBECK et M. KOCH. Die neue Aufbereitungsanlage des Verbundbergwerks Haus Aden der Bergbau AG Westfalen. — *La nouvelle installation de préparation du charbonnage Haus Aden de la Bergbau AG Westfalen.* — **Aufbereitungs-Technik,** 1974, n. 6, pp. 297/305, 12 tabl., 3 fig.

Après sa transformation, l'installation centrale de préparation du charbonnage Haus Aden de la Bergbau AG Westfalen a été mise en service en août 1973. Elle a été dimensionnée pour une capacité d'extraction utile de 12.000 t/jour. La transformation a été effectuée en 2 phases durant les congés annuels de 1972 et 1973. Le schéma de la préparation a été conservé sans changement. L'objectif de la transformation du lavoir, c'est-à-dire augmentation de la capacité d'alimentation de 750 à 1000 t/h de tout-venant, a été atteint dans des conditions optimales. En effet : a) des appareils de préparation d'une grande capacité spécifique ont été installés sans agrandissement des bâtiments existants ; b) le triage de la grosse fraction au moyen d'appareils Teska a pu être réutilisé sans transformations notables ; c) l'ancien bac à fines, d'une surface de lavage de 12 m2, a été remplacé par un bac Batac de 26 m2 ; d) la flottation a été agrandie par 2 × 4 cellules doubles = 8 cellules de 6 m3 de volume chacune ; e) l'essorage de la quantité de concentrés de flottation plus grande se fait pour la première fois à l'aide d'un filtre à disques d'une surface filtrante de 200 m2. En vue de réduire les frais matériels et les postes effectués, de nombreux appareils de préparation ont été remplacés par de grosses unités de construction récente. L'effet de rationalisation découlant de cette mesure se traduit par la réduction des unités techniques, avec un taux d'alimentation sensiblement supérieur, et par celle du nombre de places de travail. Le charbonnage Haus Aden dispose d'une installation de préparation qui présente toutes les conditions requises pour obtenir, d'une part, le rendement économique le meilleur et, d'autre part, des produits marchands dont la qualité répond au mieux aux exigences des consommateurs.

Résumé de la Revue.

IND. **I 35** Fiche n. **62.987**

W. PADBERG. Flotation und Einsatz von Flockungsmitteln bei der Aufbereitung der Saarkohle. *La flottation et l'emploi de floculants pour la préparation du charbon de la Sarre.* — **Aufbereitungs-Technik,** 1974, n. 6, p. 306/312, 6 fig.

Les charbonnages de la Sarre pratiquent exclusivement la préparation totale. La totalité des fines <0,75 mm est triée par flottation. Cette manière de procéder est motivée par la nature du charbon brut. Les caractéristiques de 8 différents types d'appareils de flottation sont indiquées. Les mesures entreprises par les charbonnages ont permis d'augmenter parfois très sensiblement la capacité de traitement des différentes installations. La technique opérationnelle comprend uniformément 2 phases avec flottation de dégrossissage et flottation de finissage. Il n'est pas

procédé au recyclage à l'intérieur d'une ligne de flottation. En règle générale, une batterie de flottation est formée de 6 cellules dégrossisseuses et 4 cellules finisseuses. Le débit hydraulique est maintenu constant par des écrans installés dans les tuyauteries d'alimentation. L'alcool et le fuel léger servent de réactifs. Après élimination des grosses fractions, les stériles de flottation sont évacués dans des bassins naturels. L'article fournit en plus des renseignements au sujet de la surveillance, des dépenses et des frais ainsi que du personnel des installations de flottation et décrit le genre et le dosage des réactifs utilisés.

Résumé de la Revue.

IND. I 42 Fiche n. **63.044**

P. SCHMIDT. Beanspruchung der Siebbänder in Doppelsiebpressen. *La sollicitation des bandes de filtres-presses à bande double.* **Aufbereitungs-Technik,** 1974, n. 7, p. 358/360, 7 fig.

La rentabilité de filtres-presses à bande double dépend sensiblement de la durée des bandes. Les contraintes à l'intérieur de la bande sont provoquées de façon purement mécanique par le dispositif de serrage de la bande ainsi que par la commande. Elles s'opposent à la pression hydraulique résultant du pressage du tourteau. S'il y a déviation dans la zone de pressage, il se forme très souvent des efforts de cisaillement fatiguant davantage les bandes.

Biblio. : 3 réf.

Résumé de la Revue.

IND. I 54 Fiche n. **63.003**

H.J. SCHULTZ et O. ABEL. Formabhängige Eigenschaften von Briketts. *Caractéristiques des boulets en fonction de leur forme.* — **Glückauf,** 1974, n. 13, p. 517/522, 2 fig., 2 tabl.

La forme et les dimensions des boulets confectionnés à la presse résultent de l'effet combiné de diverses exigences. Ces exigences sont émises par le fabricant (en fonction du type de charbon), par le consommateur (comportement à la combustion) et par l'état de la technique des presses existantes. Ceci explique qu'on relève actuellement 85 modèles de boulets. Les auteurs donnent les principales caractéristiques de tous ces modèles (forme, volume, diamètre de la sphère équivalente, dimensions principales etc...). A partir de ces paramètres, on a pu calculer les taux de vide et les pertes de charge enregistrés dans des tas de boulets en vrac. On met particulièrement en évidence les formats qui paraissent les plus favorables aux points de vue taux de vide et perte de charge ; en effet, les spécialistes travaillent activement à la mise au point d'un format optimal de boulets destinés à être utilisés en hauts fourneaux.

Biblio. : 23 réf.

IND. I 61 Fiche n. **62.988**

O. ENGEL. Beispiel für Planung und Einregelung einer automatischen Probenahme- und Verarbeitungsanlage. *Exemple de conception et de mise au point d'un équipement automatique de prise et de traitement d'échantillons.* — **Aufbereitungs-Technik,** 1974, n. 6, p. 320/330, 11 fig., 13 tabl.

Les équipements automatiques de prise et de traitement d'échantillons offrent le moyen le plus sûr de contrôler la qualité des matières et produits de la préparation minérale. C'est grâce à un exemple que l'auteur précise tout ce qui doit être pris en considération dans la pratique en vue d'assurer un fonctionnement irréprochable. Pour la mise au point et la surveillance d'installations de ce genre, certaines méthodes simples de contrôle, conformes aux besoins spécifiques de l'exploitation, sont présentées au moyen de quelques exemples.

Biblio. : 5 réf.

Résumé de la Revue.

IND. I 62 Fiche n. **63.038**

A. SCHOLZ. Die Bestimmung brennbarer Anteile in Bergen der Steinkohlenaufbereitung. *La détermination des parties combustibles dans les stériles provenant de la préparation mécanique.* **Glückauf,** 1974, n. 14, p. 571/573, 3 fig., 1 tabl.

La teneur en matières combustibles des stériles provenant de la préparation mécanique du charbon constitue une propriété essentielle lorsqu'on veut déterminer si ces stériles conviennent pour la confection des routes, des barrages ou autres ouvrages d'art. Les méthodes de détermination utilisées jusqu'à présent ne donnent aucune indication certaine sur la teneur en matières combustibles, car elles ne tiennent pas suffisamment compte de la composition des stériles et du charbon. Le procédé qui est présenté repose sur la détermination du carbone total et du CO^2 des carbonates de l'échantillon de stériles. A partir de ces résultats, on calcule la teneur en carbone organique. Il existe des relations statistiques certaines entre la composition élémentaire d'un charbon et sa teneur en matières volatiles ; on peut

donc calculer la teneur en parties combustibles des stériles en partant de la teneur de l'échantillon stérile en carbone organique et de la teneur en matières volatiles du charbon d'origine. Si on veut utiliser ce procédé, il ne faut pas oublier que dans la plupart des cas, on obtient des valeurs numériques autres que celles obtenues par les procédés usuels. Les résultats obtenus par la méthode proposée présentent cependant l'avantage d'être plus précis.

Biblio. : 6 réf.

IND. **I 63** Fiche n. **63.047**

K. SCHÖNERT, W. SCHWENK et Coll. Ein vollautomatisches Gerät für Siebanalysen. *Un appareil entièrement automatique pour les analyses au tamis.* — **Aufbereitungs-Technik,** 1974, n. 7, p. 368/372, 9 fig.

Selon la nature et la granulométrie du produit, cet appareil automatique permet 40 à 60 tamisages humides/jour. La précision est meilleure qu'avec la méthode conventionnelle. L'appareil comporte 7 tamis et fonctionne par cycles si bien que les opérations telles que le tamisage, le séchage, la mise en température, le pesage et le nettoyage se déroulent automatiquement. Le tamisage se fait selon une nouvelle méthode dite par courant, et le pesage est assuré par des balances à équipement électronique. Les résultats du pesage sont imprimés et enregistrés sur bande perforée en vue du traitement par ordinateur. Les fonctions sont commandées automatiquement et sont en partie programmables librement. L'automaticité peut être annulée à tout moment en vue d'une commande manuelle ou semi-manuelle de l'appareil. Les seules tâches du laborantin consistent à préparer les échantillons, à surveiller l'appareil et à dresser les procès-verbaux.

Résumé de la Revue.

Y. CONSTITUTION, PROPRIETE ET ANALYSE DES COMBUSTIBLES SOLIDES FOSSILES

IND. **Y 40** Fiche n. **62.997**

P.L. WATERS. The selection of Australian coals for various industrial uses. *Le choix des charbons australiens pour diverses utilisations industrielles.* — **CSIRO,** Technic. Communication, 1969, juin, n. 52, 23 p., 14 fig., 4 tabl.

L'Australie possède une large gamme de charbons répartis sur plus de 100 couches situées dans environ 70 zones géographiques. Au fur et à mesure que l'on accumule des renseignements sur les propriétés de ces charbons, la question se pose de savoir comment résumer au mieux ces données et les utiliser pour la classification des charbons en fonction de leurs diverses utilisations industrielles. On a proposé 4 systèmes de classement en fonction du processus. I. Pulvérisation (abrasivité et " broyabilité "). II. Carbonisation (matières volatiles et indice de gonflement). III. Combustion en lits fixes (valeur calorifique et indice de gonflement). IV. Combustion et gazéification de charbon pulvérisé en foyers scorifiants ou non (teneurs en cendres et en silices). Ces divers systèmes permettent de choisir un charbon pour une application particulière ou encore de vérifier l'aptitude d'un charbon à des utilisations possibles. Dans certains cas, il sera cependant nécessaire de tenir compte de propriétés secondaires telles que la teneur en soufre ou en alcalins, facteurs qui peuvent influencer la " performance " d'un charbon et empêcher son emploi à l'échelle industrielle.

Biblio. : 55 réf.

K. CARBONISATION

IND. **K 231** Fiche n. **63.061**

D. WAGENER. Merkmale grosser Hochleistungs-Koksöfen. *Caractéristiques des grands fours à coke à capacité élevée.* — **Erdöl und Kohle,** 1974, juillet, p. 372/378, 13 fig.

Cette étude confronte d'abord les systèmes de chauffage qui assurent une répartition optimale de la chaleur. On analyse ensuite l'influence de la qualité du matériel réfractaire ainsi que les possibilités d'accroissement de production par amélioration de la conductibilité thermique du réfractaire, par augmentation des températures des carneaux de chauffage et par diminution de l'épaisseur des garnissages des parois de chauffage. Les caractéristiques de fonctionnement présentent une importance primaire lors de la construction des fours à coke à grande capacité, car elles influent sur la consommation calorifique, la formation de carbone et la granulométrie du coke. En conclusion, on passe en revue les problèmes de prix et de rentabilité de ces grosses unités vis-à-vis d'installations de plus faible capacité.

Biblio. : 14 réf.

L. GAZEIFICATION

IND. **L 22** Fiche n. **63.017**

S. LEMEZIS, J.C. AGARWAL et Coll. An advanced coal gasification system for electric power generation. *Un système évolué de gazéification du charbon en vue de la production de courant électrique.* — **Mining Congress Journal,** 1974, avril, p. 22/27, 3 fig.

Il s'agit d'un procédé de gazéification du charbon en lits fluidisés multiples. Le système complet comporte 3 unités : le sécheur, le dévolatiliseur-désulfuriseur et le gazéificateur. Le charbon broyé est séché en lit fluidisé et transporté vers la seconde unité où la dévolatilisation, la désulfuration et l'hydrogazéification partielle sont effectuées dans un lit fluidisé de recirculation à des températures de l'ordre de 1300 à 1700° F. La gazéification finale du produit à basse teneur en soufre est réalisée en lit fluidisé : la combustion à l'air à 2100° F procure la chaleur de gazéification. On injecte également de la vapeur dans la même zone. La gazéification proprement dite s'effectue dans la partie supérieure du lit à 1800-2000° F. Ce type de gazéificateur présente divers avantages vis-à-vis d'autres procédés de gazéification : a) il s'accommode de charbons de divers types (des charbons agglutinants aux charbons à forte teneur en cendres) ; b) il peut utiliser une large gamme granulométrique de produits ; c) il fonctionne avec un rendement thermique élevé ; d) les pertes de chaleur sont minimes. Les auteurs esquissent le programme de développement prévu avec les diverses échéances. L'usine pilote de production devrait être achevée en mai 1981.

Biblio. : 1 réf.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE

IND. **Q 1104** Fiche n. **63.005**

K.H. RÜSBERG. Das Planen der Planung. — L'organisation des travaux de planification. **Glückauf,** 1974, n. 13, p. 525/529, 4 fig.

La pénurie et le renchérissement de l'énergie ont créé une toute nouvelle situation. Pour pouvoir s'adapter à cette situation fondamentalement différente, il a fallu prendre des mesures d'étude intensives et faire de nouveaux investissements, spécialement sur le plan de l'économie énergétique et de la technique des procédés. La complexité du projet et le rétrécissement des principaux facteurs d'influence entraînent forcément aujourd'hui une nouvelle " méthodique " de la planification et de la direction, adaptée à la réalité des problèmes. Cette " méthodique " permet de découvrir la solution optimale des fonctions et d'utiliser toutes les réserves de rationalisation sur le plan de l'organisation et de la technique.

Biblio. : 2 réf.

IND. **Q 1140** Fiche n. **63.006**

H. REINTGES. Energiewirtschaftliche Perspektiven. Folgerungen für die deutsche Steinkohle. *Perspectives de l'économie énergétique. Conclusions tirées pour l'industrie charbonnière allemande.* — **Glückauf,** 1974, n. 13, p. 531/535.

L'auteur développe tout d'abord les raisons et les leçons de la crise énergétique en notant qu'il ne suffit pas de raisonner en termes de prix et de coûts. L'insécurité actuelle exige que des mesures rapides soient prises, principalement en faisant de plus en plus appel à des sources d'énergie autres que le pétrole. Il analyse ensuite les conséquences de ces perspectives pour l'industrie charbonnière allemande. Celle-ci devra contribuer à l'approvisionnement énergétique du pays dans la mesure de ses capacités de productions actuelles, éventuellement développées. On peut estimer que, jusque 1980, les centrales électriques absorberont en moyenne 40 Mio.t de charbon et l'industrie métallurgique environ 27 Mio.t de charbon. On escompte aussi que, d'ici 10 ans, 10 à 15 % des besoins pétroliers actuels seront couverts par les procédés de liquéfaction de la houille. En l'an 2000, 50 à 60 % de nos besoins énergétiques devront être couverts par d'autres sources que l'énergie nucléaire, donc par le charbon essentiellement si le pétrole et le gaz ne sont plus disponibles. Actuellement, la capacité annuelle de production de la RFA se situe aux environs de 100 Mio.t et les réserves sont estimées à 24 milliards de t. On examine enfin le problème de la régulation des importations de charbon qui doit se résoudre en tenant compte d'une politique globale.

IND. **Q 117** Fiche n. **62.974**

J.F. RAFFOUX. Tendances de l'exploitation charbonnière australienne. — **Industrie Minérale,** 1974, n. 1, p. 28/38, 9 fig., 4 tabl.

Il s'agit d'un extrait d'un rapport de voyage d'études effectué par l'auteur en Australie, en février 1973. Dans le domaine charbonnier, l'Australie est un pays en pleine expansion. Les techniques et matériels mis au point en Europe sont certainement susceptibles d'être adoptés et d'intéresser les exploitants australiens, et ceci, d'autant plus que les conditions deviendront plus difficiles ou nouvelles. L'auteur donne d'abord les caractéristiques de l'exploitation du charbon en Australie en décrivant les principaux bassins (New South Wales et Queensland). Il passe en revue l'évolution des méthodes d'exploitation en s'attardant davantage sur les méthodes de longue taille et de courte taille. Le boulonnage occupe une place importante dans les activités minières et

on fait le point sur sa situation actuelle et sur les machines à boulonner en service. En conclusion, on donne les perspectives d'évolution des soutènements, à la fois pour le soutènement mécanisé et pour le boulonnage.

Biblio. : 9 réf.

IND. **Q 123** Fiche n. **63.059**

X. Proceedings of the seventh oil shale symposium. *Travaux du 7e symposium sur les schistes bitumineux.* **Quarterly of the Colorado School of Mines,** 1974, avril, Vol. 69, n. 2, 231 p.

Recueil des 19 communications présentées au cours de ce symposium : 1) Schistes bitumineux : une source d'énergie propre. 2) Traitement in situ des schistes bitumineux. 3) Procédé supérieur de traitement des schistes bitumineux et des minéraux associés. 4) Méthodes de traitement des schistes bitumineux. 5) Les schistes bitumineux et la situation sur le plan énergétique. 6) L'histoire de l'environnement. 7) Efforts du Colorado en vue de résoudre les problèmes d'environnement dus au traitement des schistes bitumineux. 8) Perspectives en matière d'eau pour la jeune industrie des schistes bitumineux. 9) L'influence sur la pollution de l'air du développement prévu en matière de schistes bitumineux au N-W du Colorado. 10) Arrière-plan physique. 11) Importance des schistes bitumineux : prospérité ou faveur. 12) Le Colorado occidental : options pour la croissance. 13) Les schistes bitumineux du Colorado et l'eau. 14) Les ressources culturelles du Colorado. 15) Développement de la technologie pour le traitement in situ des schistes bitumineux. 16) " Colony Development Operation " : exploitation des schistes bitumineux par chambres et piliers. 17) Schistes bitumineux : une voie et une solution. 18) Essai Fischer sur schistes bitumineux de la " Oil Shale Corporation ". 19) Détermination rapide du pétrole récupérable dans le schiste bitumineux par analyse thermique.

IND. **Q 32** Fiche n. **63.007**

G. DACH. Der Steinkohlenbergbau in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft im Jahre 1973. *L'industrie charbonnière dans les pays de la Communauté Européenne en 1973.* — **Glückauf,** 1974, n. 13, p. 535/541, 3 fig., 7 tabl.

La situation de l'industrie charbonnière dans la Communauté Européenne a été effectivement influencée par plusieurs événements au cours de l'année 1973. On peut citer l'entrée du Royaume-Uni, de l'Irlande et du Danemark dans la Communauté, entrée qui a fait passer la contribution du charbon à la consommation d'énergie primaire de 17,5 % en 1972 à 22 % en 1973. En second lieu, la guerre d'octobre 1973 au Proche-Orient, avec les difficultés d'approvisionnement pétrolier, a souligné la forte dépendance de la Communauté vis-à-vis des énergies importées. On peut schématiser comme suit l'évolution des principales caractéristiques de l'industrie charbonnière de la Communauté élargie, en 1973 : a) baisse de 0,5 % de la production de charbon, ramenée à 270,3 Mio.t ; b) augmentation de 3 % de la production de coke, atteignant 81,7 Mio.t ; c) recul de 2,8 Mio.t des stocks de charbon sur le carreau des mines, ramenés à 24,3 Mio.t ; d) augmentation de 10,5 % des échanges charbonniers intracommunautaires ; e) diminution de 5,5 % des importations de charbon en provenance des pays tiers (actuellement 29,9 Mio.t) ; f) diminution de 0,1 % des exportations de charbon vers les pays tiers (actuellement 0,9 Mio.t) ; g) diminution de 9,2 % des effectifs totaux de l'industrie charbonnière, ramenés à 50.400 unités ; h) augmentation du rendement fond de 2,8 % ; ce rendement atteint 3681 kg/Hp.

R. RECHERCHES — DOCUMENTATION

IND. **R 215** Fiche n. **62.980**

J. DLOUHY. Conférence restreinte des Directeurs de Stations d'Essais pour la sécurité dans les mines. Karlovy-Vary, 1973, 18-21 septembre. Rapport de clôture. — **Revue de l'Ind. Minérale,** 1974, mai, n. 5, p. 225/229.

Par rapport aux conférences précédentes, la conférence restreinte des Directeurs de Stations d'Essais pour la sécurité dans les mines qui s'est tenue à Karlovy-Vary du 18 au 21 septembre 1973 a présenté des différences importantes. Les organisateurs tchèques ont, en effet, largement débordé les thèmes traditionnels qui sont habituellement traités au cours de ces conférences pour passer en revue tous les sujets concernant la sécurité et l'hygiène dans les mines. Les conférences ont été regroupées en 8 thèmes principaux : ventilation, grisou, explosion de grisou et de poussières de charbon, feux de mines et incendies, techniques des mesures de sécurité, antidéflagrance, explosifs, étude des risques liés au transport. On trouvera ici le rapport de clôture présenté par les organisateurs le 21 septembre 1973 à Karlovy-Vary.

Résumé de la Revue.

IND. **R 223** Fiche n. **63.010**

X. Dust control exhibition. *Exposition concernant le contrôle de l'empoussiérage.* — **Colliery Guardian,** 1974, juin, p. 184/207, 25 fig.

Cette exposition ayant pour thème principal " les poussières dans les mines " s'est tenue au Centre de Recherche et de Développement de Swadlincote du 19 au 25 juin. Cet article passe en revue les appareils de constructeurs présentés à leur propre stand ou encore repris dans des maquettes de tailles, de galeries ou de traçages. Parmi les principales firmes exposantes, on relève : Anderson Mavor, Austin Hoy, Atlas Copco, Becorit, British Jeffrey-Diamond, Davidson and Co, Dosco, Dowty Mining Equipment, Eickhoff, Eimco, Fletcher Sutcliffe, Gullick Dobson, Hayden Nilos, Huwood, H. Lindley, Macol Marketing, Mining Supplier, Padley and Venables, Pikrose and Co, Pardy Eng., Schwarz-Holywell, Underground Mining Machinery, Victor Products, Winster Engineering et Wultex Machine.

IND. **R 224** Fiche n. **63.001**

W. KOWALSKI. Die Bergbau-Zulieferindustrie auf der Hannover-Messe 1974. *Les constructeurs de matériel minier à la foire de Hanovre 1974.* — **Glückauf,** 1974, n. 13, p. 507/513, 17 fig.

Le compte rendu du secteur minier de cette foire fait part des nouveautés et des tendances dans les domaines suivants : 1) *Soutènement* : le succès du soutènement bouclier se confirme : on estime qu'en 1975, 30% de la production allemande proviendra de tailles équipées de ce type de soutènement. Hemscheidt, Klöckner Ferromatik et Rheinstahl présentent des équipements de ce type. Par ailleurs, la firme Thyssen-Hütte semble se spécialiser dans le soutènement des galeries de grande section ou encore des cavités importantes (jusqu'à 100 m2) grâce à ses poutres en treillis. 2) *Abattage :* on note 2 types de rabot récents : le rabot KF de Klöckner Ferromatik et le rabot glissant VII-26 de Westfalia. Deux modèles d'abatteuses-chargeuses à tambour, la IG SCH 68 et la 1 K 101, sont présentés par la firme Rheinstahl. Le dernier modèle convient pour l'abattage en pendages pouvant atteindre 20 grades et peut s'attaquer à des charbons très durs (300 kp/cm2). 3) *Machines de traçage et de forage :* on relève la machine de traçage à pleine coupe (à 2 têtes) de la firme Demag, la machine à attaque ponctuelle PK-9R de Rheinstahl et la machine de traçage à tête frappante PVH de la firme Salzgitter. Sur le plan du forage, on peut citer la HBM 12K/Hy-CB de la firme Hausherr et la HG 250 de la firme Wirth. 4) *Engins de transport :* l'accent est mis sur les chargeuses autonomes sur pneus (L 110 de la firme Schopf, Skis de Carl Kaelble, 412 T de Kockum, K 18 de Faun-Werke) et sur les protections des pneus par chaînes spéciales. 5) *Divers :* installation de radiotéléphonie bilatérale de Funke-Hüster, analyseur de gaz Klein-Unor de Maihak, pompes à plongeur et à piston haute pression de Woma.

Bibliographie

ANNALES DES MINES DE FRANCE

Sommaire du numéro de février-mars 1975

Déformation des matériaux :

- Avant propos par J. Mandel
- Rhéologie des matières plastiques par E. Persoz
- Propriétés rhéologiques des sols par P. Habib
- Les déformations lentes des bétons durcis par R. Peltier
- La déformation des roches par J. Goguel
- Comment prévoir la déformation des massifs rocheux par P. Londe
- La détermination des caractéristiques des massifs rocheux à partir des essais de laboratoire par E. Tincelin
- Déformation et rupture des verres par P. Acloque
- Déformation des métaux à l'échelle de monocristal par g. Frade et G. Wyon
- Propriétés élastiques et plastiques des métaux irradiés par Y. Quere et J. Leteurtre
- Principes généraux pour la description du comportement global des matériaux à partir d'une étude microscopique par J. Zarka
- La plasticité appliquée au calcul des constructions par M. Save
- Mécanique de la rupture par R. Labbens
- La résistance à la rupture des matériaux composités par K.N. Street et A. Vigne

MEMENTO DES MINES 1975. Régie Publicité Industrielle, 36, rue du Fer-à-Moulin — 75005 Paris. Prix 106 F TTC

Ce livre est essentiellement consacré au matériel des mines et des carrières et à son utilisation correcte. On ne saurait en effet trop insister sur son importance. Coûteux à l'achat, le matériel doit être utilisé dans des conditions idéales et être bien adapté à sa fonction. D'où la part importante que nous avons consacrée aux articles encyclopédiques sur les diverses machines et sur leur contrôle et aux répertoires qui faciliteront les recherches. L'ouvrage comprend principalement :

1. Organigrammes administratifs simplifiés permettant de trouver facilement les principaux services compétents avec leurs adresses.
2. Indications nombreuses sur le matériel et les procédés modernesd'exploitation et de reconnaissance de gisement. Deux index alphabétiques permettent de retrouver les fournisseurs de matériel d'après les dénominations des sociétés ou d'après la nature des fabrications. Une partie importante de l'ouvrage est réservée à la publicité sur ce matériel.
3. Articles encyclopédiques — ils se rapportent aux différentes phases d'une exploitation — et statistiques essentielles sur les industries extractives rédigés par des spécialistes : soit des exploitants. soit des fabricants de matériel.

Dans la présente édition. parmi les nouveaux sujets traités. nous signalons tout particulièrement :

- les moyens de mesures dans les sondages :
- le débitage secondaire des gros blocs en carrières par marteaux hydrauliques ;
- le matériel de foration :
- la machine d'abattage dite “ Ravageuse ”
- l'extraction et le lavage des sables en carrières ;
- les télécommunications dans les mines :
- les compresseurs ;
- les tracteurs et leurs équipements : bulldozers. rippers. motorscrapers :
- les bandes transporteuses pour engins ;
- la pelle hydraulique dans l'exploitation des carrières ;
- comment choisir un fluide hydraulique de sécurité.

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel